Das Protoplasma der Erbse.

Erste Abhandlung.

Von Prof. Dr. **Eduard Tangl.**

(Mit 1 Tafel.)

Gelegentlich einer Untersuchung durch die Keimung nahezu vollständig erschöpfter Kotyledonen der Erbse, fielen mir eigenthümliche Gebilde innerhalb der fast ganz entleerten Reservestoffbehälter auf. Es waren dies in einer stark lichtbrechenden Kapsel eingeschlossene und mit dieser an der Zellhaut befestigte Stärkekörner. Dadurch wurde zunächst ein bisher nicht bekannter, auf Encystirung der Stärkekörner hinzielender Gestaltungsvorgang innerhalb der Zellen des genannten Objectes constatirt, welcher um so merkwürdiger ist, als durch diesen, wie schon der Augenschein ergab, eine gewisse Anzahl von Stärkekörnern ihrer physiologischen Bestimmung entzogen wird.

Um den entwicklungsgeschichtlichen Befund der Kapseln sicherstellen zu können, musste auf frühere Stadien der Keimung zurückgegangen werden und so kam es, dass endlich auch der Bau des Plasmas, vor Beginn der Keimung in den Kreis der Untersuchung hineingezogen wurde.

Es gelang mir — ich kann dies sagen, ohne aus den Grenzen der Bescheidenheit herauszutreten — manches Detail sicher zu stellen, welches bisher entweder ganz oder zum Theile übersehen wurde, dies betrifft namentlich die Gestalt, Anordnung der Aleuronkörner und das dieser zu Grunde liegende mechanische Princip, welches ich hier vorläufig einschalten will, den auf Encystirung der Stärkekörner beruhenden, innerhalb des Lumens der Reservestoffbehälter sich abwickelnden Gestaltungsvorgang ursächlich bedingt.

Den Beschluss dieser Mittheilungen, die in zwei gesonderten Abhandlungen besprochen werden sollen. wird eine Hypothese über die Ursachen, der unter bestimmten Bedingungen erfolgenden Desorganisation des Plasmas der Erbse bilden. Die für die letztere nothwendigen Anhaltspunkte wurden nach und nach im Laufe der Untersuchungen, die das Plasma im Quellungsstadium betreffen, gewonnen, und sie werden zum Theil in der vorliegenden Abhandlung der Besprechung zugeführt werden, jedoch nur in dem Masse, als dies das nähere Eingehen auf die hier einschlägigen Fragen chemischer Natur erheischt.

Obwohl in letzterer Hinsicht durch Pfeffer in hervorragender Weise vorgearbeitet wurde, habe ich doch Anlass, gegen die Schlussfolgerungen dieses Forschers einige kleine Ausfälle zu richten, in denen wohl Niemand einen Mangel an Würdigung für die vielen grundlegenden Aufschlüsse sehen wird, die wir eben auf diesem Forschungsgebiet ihm verdanken.

In der vorliegenden Abhandlung beschränke ich mich auf die Besprechung des inneren Baues des Protoplasmas der Erbse nach seiner Quellung, seines Verhaltens gegen Wasser und andere Agentien.

Die Veränderungen desselben bei der Keimung, der auf Druckfiltration beruhenden Vorgänge in dem sich erschöpfenden Gewebe, ferner eigenthümliche Formveränderungen des während der Keimung entstehenden Zellkernes, werden im Zusammenhang mit dem Detail, auf welches bereits hingewiesen wurde, den Inhalt einer zweiten, der k. Akademie der Wissenschaften demnächst vorzulegenden Abhandlung über denselben Gegenstand bilden.

Das Protoplasma im Quellungsstadium des Samens.

Bei der Untersuchung des Plasmas ruhender Erbsen bediente ich mich fast ausschliesslich des Glycerins und zwar eines solchen von höchster Concentration. Dieses ist, wie bekannt, auch in diesem Zustande nicht wasserfrei.

Diese letztere Eigenschaft des Glycerins, entscheidet sofort über die Verwendbarkeit desselben als Untersuchungsmedium für das Plasma der Erbse und der Samen von ähnlicher Organisation. Das Plasma derselben im ruhenden Zustand ist gegen

Einwirkung des Wassers in einem noch höheren Grade empfindlich, als dies bei Objecten anderer Art der Fall ist. Aus diesem Grunde kann im höheren Grade wasserhaltiges Glycerin, bei vielen anderen Objecten mit gutem Erfolg verwendet werden, insofern ein solches Untersuchungsmedium bei allen Veränderungen, die es im Plasmakörper hervorruft, immerhin noch einen Einblick in bestehende Structurverhältnisse und zum Geringsten die Orientirung über diese gestattet.

In dieser Beziehung verhält sich das trockene Plasma der Erbse wesentlich verschieden. Hier haben wir es mit einem Untersuchungsobjecte zu thun, in dessen Verhalten gegen Wasser, eine, meines Wissens ganz übersehene Eigenthümlichkeit auf das Deutlichste entgegentritt. Im trockenen Zustande ist nämlich der, unter bestimmten Verhältnissen in eine Grundsubstanz der Aleuronkörner differenzirte Theil des Plasmas, ein structurloser Körper — eine Differenzirung ist im lufttrockenen Zustand nicht einmal andeutungsweise vorhanden. Die Differenzirung, welche dem Protoplasma der Erbse bei seinem Übergange in den vitalen Zustand eigenthümlich ist, entspricht nun einem, mit gegebenen Organisationsverhältnissen verträglichen Maximum des Gehaltes an Imbitionswasser, dessen Überschreitung die Desorganisation als augenfälligen Effect zur Folge hat. Wir können einen bestimmten Grad innerer Differenzirung — wie sich aus dem Folgenden zur Genüge ergeben wird — als den anatomischen Ausdruck, nach der vollzogenen Wasserimbition noch ungeändert bestehender Organisationsverhältnisse betrachten, welche, wie ich es hier anticipirend bemerken will, auch nach der Quellung ganzer Samen mit allen ihren specifischen Eigenthümlichkeiten erhalten bleiben.

Die Methode der Untersuchung wäre nun allerdings wesentlich vereinfacht, wenn der differenzirte Zustand des Plasmakörpers in Zellen, gequollenen Erbsen entnommener Schnitte, in den für Untersuchungen dieser Art gebräuchlichen Medien erhalten bliebe. Dem ist jedoch nicht so. Der auf Aufhebung des Gewebeverbandes beruhende Eingriff hat nämlich, bevor sich noch der Einfluss eines Untersuchungsmediums geltend machen konnte, die Desorganisation innerhalb aller Zellen der für die Untersuchung bestimmten Lamelle zur Folge gehabt. Man erblickt in

den Zellen, anstatt eines differenzirten Plasmakörpers, in diesem Fall eine vielfach erwähnte, trübe, granulöse, emulsionsartige Substanz, die dasselbe Aussehen besitzt, wie das unmittelbar am Objectträger durch bekannte Einflüsse desorganisirte Plasma der Zellen ursprünglich trockener Schnitte.

Ein richtiger Befund über die Beschaffenheit der Plasma gequollener Erbsen wie auch anderer Samen, kann sich aus der Untersuchung nur dann ergeben, wenn das Plasma vorher in einen derartigen Zustand gebracht wurde, dass weder die Anfertigung, noch die Beschickung des Präparates an ihm Veränderungen zu bewirken vermögen. Dies wird durch später zu besprechende Fixirungsmethoden vollkommen erreicht; auch kann nur auf diese Weise ein Massstab für die Beurtheilung des jeweiligen Zustandes, in welchem sich das Plasma ursprünglich trockener Schnitte unter wechselnden äusseren Einflüssen befindet, gewonnen werden. Ich glaube in dieser Beziehung auf sicherem Boden zu stehen, da meine auf den Vergleich mit fixirten Zuständen des Plasmas gequollener Erbsen basirte Untersuchungsmethode jede willkürliche Deutung der Veränderungen, denen das trockene Plasma im Untersuchungsmedium unterliegt, ausschliesst.

Die Anwendung eines dicken — durch längeres Kochen oder über Schwefelsäure hinlänglich entwässerten — Glycerins gewährt einen zweifachen Vortheil. Es gestattet einmal dieses Untersuchungsmedium den Übergang des trockenen Plasmas in denjenigen durch innere Veränderungen bedingten Zustand, in welchem nach vollzogener Quellung die ersten Vitalitätsäusserungen anheben, schrittweise zu verfolgen; anderseits wird unter denselben Verhältnissen die Geschwindigkeit, mit welcher die Desorganisation bei Anwendung minder concentrirter Zusatzflüssigkeiten erfolgt, so sehr herabgedrückt, dass alle Stadien der Desorganisation bis zu ihrem Abschluss mit Leichtigkeit übersehen werden können. Und dies sind Vortheile, wie sie durch andere Untersuchungsmedien kaum erreicht werden können.

So ist beispielsweise Öl, welches bei vielen ähnlichen Untersuchungen die besten Dienste leistet, für unsere Zwecke durchaus unzureichend, weil durch die Anwendung desselben eine Wasserimbition nicht eingeleitet werden kann. Aus diesem Grunde

verändert sich das Plasma trockener, in Öl eingelegter Schnitte gar nicht, und es vollzieht sich in diesem eine Differenzirung ebenso wenig, wie in den, dem trockenen Plasma eingebetteten Stärkekörnern.

Natürlich bezieht sich das Letztere nur auf vollkommen lufttrockene Samen, deren Reservestoffe führendes Parenchym die bekannte hornartige Beschaffenheit besitzt. Ganz verschieden verhalten sich in dieser Hinsicht Schnitte aus Samen, die sich in einem nicht vollkommen lufttrockenen Zustande befinden, und deren geringer Wassergehalt, dem Parenchym einen für die Schonung der Schneide des Präprairmessers erwünschten geringeren Härtegrad ertheilt. Derartigem Material entnommene Schnitte zeigen, wenn sie schnell in Öl eingebettet werden, unter dem Mikroskope in dem Plasma ihrer Zellen, auf Strecken grösserer oder geringerer Ausdehnung die Andeutung einer Structur, wie sie sonst bereits mit Wasser imbibirten Schnitten eigenthümlich ist. Dass die Gestaltung des Plasmas in diesem Falle auf Rechnung des bereits vorhandenen Wassergehaltes zu setzen sei, ergibt sich sofort aus der Betrachtung der Stärkekörner, welche in den Zellen, die den Plasmakörper in einem bereits differenzirten Zustande erhalten, die deutlichste Schichtung erkennen lassen.

Im absoluten Alkohol verharren Schnitte aus lufttrockenen Samen durch längere Zeit ohne sich im Geringsten zu verändern. Dies bezieht sich sowohl auf das Plasma, als auf die Stärkekörner. Die späterhin dennoch eintretende Differenzirung beider, ist offenbar nur auf Rechnung einer durch die Hygroskopicität der angewandten Zusatzflüssigkeit bewirkten Wasserzufuhr zu setzen, was auch daraus zu ersehen ist, dass eine minimale Wassermenge, welche der unter dem Deckglase befindlichen Alkoholschichte zugesetzt wird, das Zustandekommen der Differenzirung und demnach das Herbeiführen eines Zustandes, welcher vollständig mit demjenigen nach länger andauernder Einwirkung des concentrirten Glycerins übereinstimmt, zu beschleunigen vermag.

Ich hätte daher bei meinen Untersuchungen, die den durch Wasseraufnahme bedingten differenzirten Zustand des Plasmas betrafen, sowohl Glycerin als auch Alkohol anwenden können; wenn ich dennoch dem concentrirten Glycerin den Vorzug gab,

so geschah dies mit Rücksicht auf die bequeme Anwendung dieses Untersuchungsmediums, welches durch seine Eigenschaften das so lästige, nachträgliche Zuführen von Flüssigkeit unter das Deckglas, bei länger andauernder Beobachtung einzelner Zellen, überflüssig macht.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen will ich das Nähere über den Bau des Plasmas der Erbse, welcher demselben nach vollzogener Quellung eigenthümlich ist, angeben. — Die Überführung des Plasmas trockener Schnitte in diesen Zustand erfordert, je nach dem Concentrationsgrade des angewandten Glycerins, eine kürzer oder länger andauernde Einwirkung des Untersuchungsmediums. Ich operirte einige Mal mit so concentrirtem Glycerin, dass ich die Einzelheiten des gleich zu beschreibenden Baues erst 20 — 30 Minuten nach der Beschickung des Präparates deutlich übersehen konnte. — In dem differenzirten Zustande, welcher einem bestimmten Gehalte an Imbitionswasser entspricht, erscheint das Plasma gegen die Zellhaut und die Stärkekörner durch auch bei mässiger Vergrösserung deutlich hervortretende glashelle Säume abgegrenzt. — Die Fig. 1 — 7, sollen das Auftreten dieser Grenzschichten illustriren, worüber das Weitere in der Figurenerklärung nachzulesen ist.

Diese hyalinen, auch bei stärkster Vergrösserung und günstigsten Beleuchtungsverhältnissen structurlos erscheinenden, meines Wissens bisher ganz übersehenen Begrenzungsflächen des Protoplasmas der Erbse, gegen demselben an- und eingelagerte Zellcomponenten, sollen je nach ihren Beziehungen zu diesen, als peripherische Hautschichten und Hautschichtsäcke bezeichnet werden. Durch die Wahl dieser Bezeichnungen soll einzig und allein der habituellen Übereinstimmung Rechnung getragen werden, die zwischen der Beschaffenheit der hyalinen Schichten unseres Objectes mit dem als Hautschicht bezeichneten Theile eines lebensthätigen Protoplasmakörpers besteht. — Eine Trennung der Gebilde beider Kategorien ist, abgesehen von Differenzen, die in Hinsicht der physikalischen Eigenschaften bestehen, und die später besprochen werden sollen, schon aus dem Grunde geboten, weil die zunächst in Betracht kommende peripherische Hautschichte der Reservestoffbehälter mit Wachsthumsvorgängen nichts zu thun hat. Sie ist vielmehr eine Grenz-

schichte von nur temporärer Bedeutung; sie verschwindet mit den übrigen, sobald die Veränderungen des Plasmas während der Keimung einen bestimmten Grad erreicht haben. — Dies erfolgt eine geraume Zeit vor gänzlicher Erschöpfung der Reservestoffbehälter.

Ein weiteres Moment, welches nicht zu Gunsten der Annahme sprechen würde, dass die hyaline Umkleidung des Protoplasmakörpers als eine mit der Hautschicht lebensthätigen Protoplasmas identische Schichte aufzufassen wäre, ergibt sich aus der äusserlich übereinstimmenden Beschaffenheit der die Hautsäcke bildenden Substanz mit derjenigen der peripherischen Umkleidung. Ich werde darauf im weiteren Verlaufe meiner Darstellung noch zurückkommen; hier will ich jedoch nicht unerwähnt lassen, dass der Beobachtung direct zugängliche Verhältnisse eine nicht nur äusserliche, sondern weitergehende Übereinstimmung zwischen der peripherischen und den inneren Umkleidungen vermuthen lassen. Und zwar ist dies die zwischen der äusseren hyalinen Schicht und den, der Oberfläche des Protoplasmakörpers am meisten genäherten Hautschichtsäcken, bestehende Continuität ihrer Masse. In analoge Beziehungen treten auch die die Stärkekörner aufnehmenden Hautschichtsäcke unter einander. (Fig. 1—7.) Dies sind Verhältnisse, wie sie an keinem, Stärkekörner enthaltenden, lebensthätigen Protoplasmakörper wahrgenommen werden können, und ich erachte es mit Rücksicht darauf für wahrscheinlich, dass wir es in unserem Falle, in Betreff der fraglichen äusseren und inneren Umkleidungen mit einem ganz besonderen Fall von Differenzirung zu thun haben, welcher mit bekannten Verhältnissen im lebensthätigen Plasmakörper nicht in Parallele gebracht werden könne. — Andere Hohlräume, als die von hyalinen Säumen begrenzten, die Stärkekörner aufnehmenden Lacunen, sind nach vollzogener Quellung im Plasma nicht enthalten. Es dürfte aus diesem Grunde wohl zulässig sein, die gesammte, ernährungsphysiologischen Zwecken dienende, innerhalb ihrer hyalinen pheripherischen Umkleidung befindliche Masse des Protoplasmas der Erbse mit Strasburger, als Körnerplasma zu bezeichnen. [1]

[1] Zellbildung und Zelltheilung, II Auflage, 1876, S. 288. Studien über Protoplasma, S. 23.

Betrachten wir nun den feineren Bau des Körnerplasmas im differenzirten Zustande des Quellungsstadiums. Dasselbe besteht aus hyaliner Grundsubstanz und Aleuronkörnern von derselben Beschaffenheit.

Im Quellungsstadium besitzen die Aleuronkörner eine polyedrische Gestalt. Die zwischen denselben befindliche Grundsubstanz erscheint, bevor erhebliche Veränderungen in Folge länger andauernder Einwirkung des Glycerins im Körnerplasma um sich gegriffen haben, in Gestalt von parallelen Linien begrenzter, heller, schmaler Lamellen. Dies ergibt sich mit Nothwendigkeit aus der Form der Aleuronkörner, welche, wie dies fixirte Präparate überzeugend darthun, nur so weit auseinanderrücken, dass zwischen denselben keine anderen, als diese relativ schmalen Zwischenräume erscheinen können. Die Letzteren besitzen auf allen Punkten des Körnerplasmas nahezu gleiche Dimensionen.

Die Lamellen der Grundsubstanz gehen ohne Unterbrechung in die Hautschichten über. Daraus resultirt eine Gestaltung des Körnerplasmas, die unsere Fig. 1—6 illustriren, welche zwar sehr engbegrenzte Territorien des Plasmas zur Anschauung bringen, jedoch zur Orientirung über die allgemeinsten Verhältnisse wohl ausreichen dürften.

Der Verlauf der die Aleuronkörner einschliessenden Lamellen der Grundsubstanz, bedingt an gewissen Punkten eine oft auffallend zierliche Architektonik des Körnerplasmas, die sich dadurch bemerkbar macht, dass die hellen Lamellen sich sowohl an die peripherischen, als an die inneren Hautschichten unter einem rechten Winkel ansetzen. Die beiderlei Hautschichten anliegendenA leuronkörnerschichten gewähren aus diesem Grunde vollständig das Bild zu einem Gewölbe verbundener Bausteine.

Ich werde die mechanische Bedeutung dieser Anordnung in der zweiten Abhandlung näher besprechen.

Die Färbung der Aleuronkörner der Erbse im differenzirten Zustande des Plasmas lässt eine ganz bestimmte Beziehung zu der Färbung, wie sie dem Parenchyme bei makroskopischer Betrachtung eigenthümlich ist, erkennen. Es erscheinen nämlich in Schnitten aus Samen von blaugrüner Färbung die Aleuronkörner als Plättchen von eigenthümlich grauer Färbung, mit einer für diese Samenvarietät charakteristischen, blaugrünen Nüan-

cirung. Die Aleuronkörner gelber Samenvarietäten erscheinen im differenzirten Zustande des Plasmas als helle, farblose Plättchen, welche eine der Farbe des Parenchyms entsprechende Nüancirung nicht erkennen lassen, wohl nur aus dem Grunde, weil die Färbung zu wenig intensiv ist, um an einzelnen Aleuronkörnern deutlich wahrgenommen werden zu können und ich zweifle nicht, dass die Aleuronkörner auch in diesem Falle die Träger des Farbstoffes sind.

Die Hautschichten und die ausnahmslos farblosen, hellen Lamellen zwischen den Aleuronkörnern bestehen aus Substanzen, welche in Betreff ihrer optischen Dichte nicht unerheblich differiren.

Ich sehe nämlich im concentrirten Glycerin die Contouren der Hautschichten immer mit der grössten Deutlichkeit. Betrachte ich hingegen den Rand einer Aleuronkörnermasse, die sich aus einer durch den Schnitt geöffneten Zelle lostrennte und nun frei in der umgebenden Flüssigkeit liegt, so kann ich zwischen den unmittelbar in die letztere auslaufenden Lamellen und der ersteren keine Grenzen wahrnehmen. Daraus ergibt sich, dass die Substanz der Lamellen und des concentrirten Glycerins in Betreff des Lichtbrechungsvermögens nur wenig differiren.

Das von mir angewandte Glycerin hatte einen Concentrationsgrad, dass oft ein halbstündiges Verweilen der Schnitte im Untersuchungsmedium nicht ausreichte, um irgend welche auffällige Veränderungen an dem Körnerplasma zu bewirken. Nach längerer Einwirkung des concentrirten Glycerins erlangen die ursprünglich polyedrischen Aleuronkörner, ohne die homogene Beschaffenheit ihrer Substanz einzubüssen, eine abgerundete Gestalt, welche Veränderung sich um so schneller vollzieht, je wasserreicher das angewandte Glycerin ist.

In diesem Zeitpunkte hat aber auch die die Aleuronkörner einhüllende Grundmasse nicht unbedeutende Veränderungen erlitten, wie daraus zu entnehmen ist, dass der ursprüngliche Zusammenhang der Masse des Körnerplasmas in diesem Zeitpunkte bedeutend gelockert ist. Während in den ersten Stadien der Einwirkung des concentrirten Glycerins das Herumzerren des Präparates in der Zusatzflüssigkeit die Isolirung der noch polyedrischen Aleuronkörner aus geöffneten Zellen nicht bewirkt,

gelingt es mit Hilfe dieser Manipulation in dem Zeitpunkte, in welchem die Aleuronkörner bereits abgerundet sind, dieselben zu isoliren und in Menge in die umgebende Flüssigkeit auszuscheiden.

Erfolgen diese Veränderungen der Aleuronkörner innerhalb der Zellhäute, so gewährt das Körnerplasma mit seinen kugeligen Aleuronkörnern ein Bild, welches der bekannten Figur im Lehrbuche von Sachs entspricht, nur müssten wir uns die Aleuronkörner durchgehends aus gleichartiger Substanz bestehend vorstellen, in welchem Zustande sich in der Figur von Sachs eine geringe Anzahl von Aleuronkörnern befindet.

Der kugelige Zustand ist, wie ich später noch ausführlicher darlegen werde, ein Anzeichen der, in Folge der Wasseraufnahme über eine durch die Organisation der Aleuronkörner bestimmte Grenze beginnenden Desorganisation derselben, welche, wenn die Wasseraufnahme ohne Unterbrechung fortdauert, eine Reihe von Veränderungen bedingt, die mit dem gänzlichen Zerfalle des Aleuronkornes abschliessen.

Die bekannte Figur im Lehrbuche von Sachs bringt die meisten Stadien der Desorganisation mit einer überraschenden Genauigkeit zur Anschauung.

Die Hautschichten werden auf allen Punkten ihres Verlaufes als hyaline Säume gesehen, an welche sich unter Einhaltung constanter Richtungsverhältnisse die Lamellen der Grundsubstanz ansetzen. Es findet dabei, wie dies durch Anwendung guter optischer Hilfsmittel sichergestellt wurde, ein directer Übergang der Grundsubstanz in die als Hauptschichten bezeichneten Säume statt. Es gewährt daher das von der peripherischen Hauptschichte umgebene und die Hauptschichtsäcke aufnehmende Körnerplasma den Anblick, als würde zum Aufbau dieser hyalinen Umkleidungen die Grundsubstanz in ungeänderter Modification verwendet und durch diese die räumliche Trennung der Aleuronkörner sowohl unter einander als von der Zellhaut und den Stärkekörnern bewirkt werden. — Die bereits mitgetheilten Differenzen in Betreff der Lichtbrechungsverhältnisse wären an und für sich noch kein entscheidendes Moment, welches gegen diese Auffassung sprechen würde, denn derartige Verschiedenheiten müssen ja nicht durch tiefeingreifende Differenzen in Hinsicht der

stofflichen Zusammensetzung begründet sein. Es könnten sich die erwähnten optischen Verschiedenheiten aus der ungleichen Imbitionsfähigkeit und daher im wasserimbibirten Zustand des Körnerplasmas, aus dem differenten Wassergehalt einer organisirten Substanz in ihren inneren, und in den als Umkleidungen erscheinenden Schichten, ergeben. Dieser Annahme zu Folge müssten sich die Hautschichten und Lamellen der Grundsubstanz in einem verschiedenen Aggregatzustande befinden.

Das Letztere ist nun in der That der Fall, und zwar gehen diese Verschiedenheiten in dieser Hinsicht weiter, als es die so innigen Beziehungen, in welche die Hautschichten zu den Lamellen treten, vermuthen lassen könnten. Es setzen nämlich die Hautschichten und Lamellen der Einwirkung von Kräften, die eine Lockerung der Substanz beider zu bewirken vermögen, durch die Cohäsion ihrer Masse einen sehr verschiedenen Widerstand entgegen.

Was zunächst den Cohäsionsgrad der Grundsubstanz anbetrifft, so gestattet der Umstand, dass Aleuronkörnergruppen durch einen schwachen Druck beim Beginn der Desorganisation des Körnerplasmas zum Zerfall gebracht werden und die, durch die Lichtbrechungsverhältnisse sich deutlich zu erkennen gebende Substanzarmuth der Grundsubstanz den Schluss zu ziehen, dass die aus der letzteren gebildeten Lamellen sich im Zustande eines gelatinösen, den eine Formveränderung bewirkenden Kräften fast gar keinen Widerstand entgegensetzenden Körpers befinden.

Gegen dieselben Kräfte, welche die Lockerung der noch unveränderten Lamellen bewirken können, verhalten sich die Hautschichten als relativ starre Membranen.

Ich entnehme dies daraus, dass durch das Zerreiben des Präparates mit Hilfe des Deckgläschens in den peripherischen Hautschichten von scharfen Contouren begrenzte Risse entstehen. Aus Zellen, welche durch den Schnitt zweimal getroffen wurden, gelingt es ferner durch Zerreiben des Präparates Hautschichtfetzen in Form schmaler, bandartiger, im Gesichtsfelde herumschwimmender Streifen von mitunter beträchtlicher Länge zu isoliren, welche auf der Flächenansicht an zwei gegenüberliegenden Seiten geradlinige, den Schnittflächen der Hautschichte

und unregelmässige, zackige, den Rissstellen entsprechende Begrenzungen zeigen.

Für die Entscheidung der uns beschäftigenden Frage ist jedoch dieses auf differenten Cohäsionsverhältnissen beruhende Verhalten der Hautschichten und Lamellen ohne Belang. Dieses würde als entscheidendes Moment erst dann ins Gewicht fallen, wenn die Untersuchung die stoffliche Übereinstimmung ausser Zweifel stellte.

Ich habe in letzterer Hinsicht genug zahlreiche Erfahrungen gesammelt, welche die Frage über die zwischen Lamellen und Hautschichten bestehenden Beziehungen auf Grundlage positiver Thatsachen zu entscheiden gestatten, und zwar ergeben sich diese aus dem differenten Verhalten gegen Wasser und Salzlösungen. Es ist uns in diesen Agentien ein Mittel an die Hand gegeben, leicht und einfach Verschiedenheiten in dem Verhalten dieser Theile des differenzirten Protoplasmakörpers zu demonstriren, die jedenfalls mit chemischen Verschiedenheiten in Zusammenhang gebracht werden müssen.

Ich will mich vorläufig nur darauf beschränken, auf das Verhalten der Hautschichten gegen Wasser näher einzugehen.

Gegen die Einwirkung dieses Agens besitzen die peripherischen Hautschichten und die inneren Hautschichtsäcke eine auffallende Resistenzfähigkeit. Dies lässt sich durch Behandlung trockener Schnitte mit destillirtem Wasser leicht constatiren.

In diesem Falle unterliegt das Körnerplasma einer rapid verlaufenden Desorganisation und es reicht diese Behandlung allein schon aus, um das nach der Desorganisation in Lösung übergehende Körnerplasma aus Zellen, die durch den Schnitt geöffnet wurden, fast gänzlich zu entfernen. Es erscheinen dann die peripherischen Hautschichten und häufig mit ihnen verbundene Hautschichtsäcke, als die einzigen Überreste des ursprünglichen Plasmakörpers, die der desorganisirenden und zugleich auflösenden Wirkung des Wassers unter diesem Verhältnisse Widerstaud zu leisten vermochten. Die Fig. 8 bringt diese unveränderten Hautschichten, in Wirklichkeit bandartige Streifen derselben, zur Anschauung.

Das unter angegebenen Verhältnissen innerhalb geschlossener Zellhäute desorganisirte Körnerplasma gelangt in einem arg veränderten Zustand zur Beobachtung; nichtsdestoweniger sind die peripherischen Hautschichten immer noch als der Zellhaut dicht anliegende Säume erkennbar. Schon die Betrachtung durch den Schnitt verwundeter und in diesem Zustand mit Wasser behandelten Zellen lässt sich auf den ersten Blick erkennen, dass die peripherische Hautschichte der Volumzunahme der Zellhaut durch eigene Imbition zu folgen vermag, und dass die Volumvergrösserung derselben ohne Mitwirkung der endosmotischen Spannung des in der Zelle befindlichen Desorganisationsproductes zu Stande kommt. Dies ist auch der Grund, warum eine nachträgliche Verwundung der Zelle, welche die sofortige Fortschaffung des aus dem Körnerplasma hervorgegangenen Desorganisationsproductes zur Folge hat, an den Volumverhältnissen der peripherischen Hautschichte Nichts zu ändern vermag. — Die Veränderungen, welche die peripherischen Hautschichten durch die Behandlung mit destillirtem Wasser erleiden, beschränken sich auf eine nicht erhebliche sowohl in tangentialer, als auch radialer Richtung stattfindende Quellung. Auffälliger als die Letztere, verläuft diese in tangentialer Richtung, durch welche die im hohen Grad imbitionsfähige peripherische Hautschichte sich auf engbegrenzten Stellen von der Zellhaut abhebt. Auf diesen Punkten erscheinen in das Zelllumen vorspringende, jedoch abgeflachte Einfaltungen der peripherischen Hautschichte.

In manchen Punkten abweichend verhalten sich in dieser Beziehung die Hautschichtsäcke. Sie erscheinen an Stärkekörnern, welche aus geöffneten Zellen in das umgebende Wasser, in Folge der die Lösung des Körnerplasmas begleitenden Quellung befördert wurden, anfänglich als hyaline, den Stärkekörnern dicht anliegende Umkleidungen. Nach einiger Zeit beginnt der Einfluss des Untersuchungsmediums sich geltend zu machen; sie quellen in tangentialer Richtung auf und erscheinen in Folge dessen von der Oberfläche der Stärkekörner durch weite Zwischenräume getrennt, gegen welche sich die Säcke durch einen scharfen Contour abgrenzen. Der Zwischenraum ist somit nicht von einem Quellungsproduct erfüllt. Die in radialer Richtung

stattfindende Quellung vollzieht sich auf den einzelnen Punkten mit einer in vielen Fällen ungleichen Intensität. Aus diesem Grunde wechseln auf den optischen Querschnitt der hemdartig abstehenden Umkleidung dickere Stellen mit dünneren ab. Ähnliche streng localisirte Verschiedenheiten lässt auch der Verlauf der in tangentialer Richtung stattfindenden Quellung erkennen, wesshalb die Contouren des Quellungsproductes fast nie concentrisch mit denjenigen des Stärkekornes seiner optischen Durchschnittsansicht verlaufen; es lässt vielmehr der gequollene Hautschichtsack einen deutlichen welligen Verlauf seiner Contouren erkennen.

Schon aus diesem Verhalten kann gefolgert werden, dass der Hautschichtsack sich nicht in einem Zustande passiver Dehnung befindet; für seine Volumverhältnisse ist die Volumvergrösserung, welche das Stärkekorn durch Wasseraufnahme erfährt, ebenso wenig massgebend, als eine zwischen der Hautschicht und dem desorganisirten Körnerplasma bestehende Spannung, für die bei der Wasserimbition stattfindende Volumvergrösserung der ersteren.

Noch augenscheinlicher treten diese Verhältnisse an Theilstücken einmal zerschnittener in der umgebenden Flüssigkeit frei liegender Stärkekörner hervor. In diesem Falle entspricht die Gestalt des noch anliegenden Theiles des Hautschichtsackes genau der sphärischen Oberfläche des Stärkekornfragmentes; es entspricht der Rand des kappenförmigen Theiles des Sackes genau der Schnittfläche des Stärkekornes.

Wenn die Volumsvergrösserung des Sackes einer auf passiver Dehnung des letzteren beruhenden Mitwirkung des quellenden Stärkekornes benöthigte, so müsste unter diesen Verhältnissen der Rand des Hautschichtsackes von der Schnittfläche auf eine mehr oder weniger weite Strecke zurückgezogen erscheinen. Dies tritt in keinem Falle ein, vielmehr wird der Rand der Kappe in Folge länger andauernder Wassereinwirkung mehr und mehr übergreifend.

Bereits in Quellung begriffene, von den Stärkekörnern durch Zwischenräume getrennte Hautschichtsäcke, lassen anfänglich noch immer die ursprüngliche hyaline Beschaffenheit erkennen. Ihre Substanz wird entweder schon während der Quellung oder

nach Abschluss dieser körnig und schwach lichtbrechend. In letzterer Beziehung besteht nun zwischen der peripherischen Hautschicht und den Hautschichtsäcken ein wesentlicher Unterschied, welcher nur durch stoffliche Verschiedenheit der äusserlich so übereinstimmenden hyalinen Umgrenzungen erklärlich ist. Es erscheinen nämlich die peripherischen Hautschichten, sie mögen verwundete Zellen auskleiden oder als Wandbeleg durch den Schnitt nicht geöffneter, desorganisirtes Plasma enthaltender, Zellen auftreten, im Zeitpunkt, in welchem die gequollenen Hautschichtsäcke schwächer lichtbrechend und körnig wurden, als vollkommen hyaline Umkleidungen, an denen nicht die geringste Abschwächung des Lichtbrechungsvermögens, noch irgend eine, ihre ursprüngliche Structur betreffende Veränderung wahrgenommen werden kann.

Dies ist eine specifische Eigenthümlichkeit der peripherischen Hautschichten, welche sich nicht einmal auf die, in so innige Beziehung zu diesen tretenden peripherischen Hautschichtsäcke erstreckt, denn auch diese werden in Folge der Quellung in den veränderten Zustand überführt.

Die auf Abschwächung des Lichtbrechungsvermögens und den Verlust der ursprünglichen hyalinen Beschaffenheit beruhenden Veränderungen der Hautschichtsäcke unterbleiben jedoch vollständig, wenn der Wassereinwirkung unverletzte Zellen unterworfen werden. Ist diese Bedingung erfüllt, so erscheinen die Hautschichtsäcke, innerhalb des desorganisirten Körnerplasmas, als helle, den Stärkekörnern dicht anliegende Säume von der ursprünglichen Beschaffenheit, wodurch der scharfe Gegensatz, der unter anderen Umständen im Verhalten der hyalinen Umgrenzungen zum Ausdruck gelangt, gänzlich unterdrückt wird.

Aus diesem Verhalten ergibt sich auf das Bestimmteste, dass die Oberfläche der Hautschichtsäcke, ferner der in Contact mit den letzteren verbleibenden Stärkekörner, von Druckkräften ergriffen wird, welche einer, unter anderen Umständen durch Imbition zu Stande kommenden Volumvergrösserung der Hautschichtsäcke, mit überwiegender Intensität entgegenwirken.

Nun sind aber die, sammt dem desorganisirten Körnerplasma innerhalb einer geschlossenen Zellhaut befindlichen Hautschichtsäcke resistent geworden. Dies lässt keine andere Deutung des so eigenthümlichen Verhaltens zu, als die, dass durch Wassereinwirkung zu Stande kommende Veränderungen nicht früher erfolgen, als nach Überschreitung eines bestimmten Quellungsstadiums.

Und dies ist jedenfalls der Grund, warum der aus der Beschaffenheit des gelösten Antheils des Desorganisationsproductes sich ergebende osmotische Druck, den mit Quellung beginnenden und Structurveränderungen abschliessenden specifischen Verlauf der Wassereinwirkung zu modificiren vermag.

Die erwähnten Veränderungen, welche die Hautschichtsäcke durch Wassereinwirkung erfahren, erfolgen sehr rasch. Eine Lösung ihrer Substanz findet hierbei auch nach stundenlang fortgesetzter Wassereinwirkung nie statt. Es erweisen sich vielmehr die Hautschichtsäcke in ihrem veränderten Zustand als gegen Wasser vollkommen resistente Gebilde.

Gehen wir nun zu den Veränderungen über, welche durch Wasseraufnahme in den Lamellen der Grundsubstanz hervorgerufen werden. Selbstverständlich werden dabei solche Verhältnisse vorausgesetzt, unter denen thatsächlich eine auf Desorganisation beruhende Veränderung der Lamellen zu Stande kommen kann.

Ich hatte bereits Gelegenheit, zu erwähnen, dass die Wasserimbition der Zellen eines trockenen Schnittes im dicken Glycerin vom Beginn der Differenzirung bis zur vollständigen Desorganisation mit sehr geringer Geschwindigkeit erfolgt. Es ist dadurch die Möglichkeit gegeben, das so leicht veränderliche Körnerplasma in allen Stadien seiner Desorganisation einer directen Untersuchung zu unterziehen.

Früher oder später erlangen die ursprünglich polyedrischen Aleuronkörner eine abgerundete Gestalt. Das Körnerplasma besitzt dann ein wesentlich verändertes Aussehen, da der ursprüngliche einem jeden optischen oder wirklichen Querschnitt des Körnerplasmas eigenthümliche mosaikartige Bau nun gänzlich verwischt ist. An Stelle der von ursprünglich äquidistanten, den Begrenzungen der Aleuronkörner entsprechenden Contouren ein-

geschlossenen Zwischensubstanz, erfüllt nun eine schwach lichtbrechende Substanz, die zwischen den Aleuronkörnern befindlichen Interstitien nach Massgabe ihrer gegenseitigen Abstände. Die Grösse der Letzteren ist auf den einzelnen Punkten des Körnerplasmas eine sehr wechselnde. Stellenweise liegen die gerundeten Aleuronkörner über einander gehäuft. In diesem Falle befinden sich zwischen ihnen nur solche Zwischenräume, wie sie sich aus der geometrischen Gestalt bis zur gegenseitigen Berührung zusammengedrängter kugeliger Körper ergeben müssen.

Diese Veränderungen erfolgen jedoch nicht gleichzeitig auf allen Punkten des Körnerplasmas. Ich kann es als Regel bezeichnen, dass das Zustandekommen der erwähnten Veränderungen innerhalb der den Hautschichten sich unmittelbar anlegenden Aleuronkörnerschichten eine längere Zeit in Anspruch nimmt, als in den übrigen Theilen des Körnerplasmas. Es kommt den als Beleg der peripherischen und der Hautschichtsäcke auftretenden Aleuronkörnern, einschliesslich der zwischen denselben befindlichen Lamellen, eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen die desorganisirende Einwirkung des Wassers zu. Dies ergibt sich unmittelbar aus dem relativ nur wenig veränderten Aussehen dieser Belege in einem Zeitpunkt, in welchem in den übrigen Partien des Körnerplasmas, die bereits erwähnten Veränderungen zu Tage treten. Es lassen nämlich kurze Zeit, nachdem auf Abrundung der Aleuronkörner beruhende Veränderungen in der weitaus grösseren Masse des Körnerplasmas um sich gegriffen haben, die als Beleg der Hautschichten erscheinenden Aleuronkörner eine Abrundung nur auf den von den Hautschichtflächen abgewandten Seiten erkennen. Dabei erscheinen die Aleuronkörner genannter Belege noch immer durch Lamellen getrennt, deren Dimensionen genau denjenigen des ursprünglichen Zustandes entsprechen. Für dieses Verhalten sind die Umstände, unter denen die Desorganisation erfolgte, ganz und gar nicht massgebend, denn es lassen diese Verschiedenheiten in durchschnittenen Zellen befindliche Theile des Körnerplasmas ebenso deutlich wahrnehmen, wie das Körnerplasma intact gebliebener Zellen des Schnittes. Ich habe sogar die grössere Resistenzfähigkeit der in Rede stehenden Belege selbst an Gruppen von Aleuronkörnern constatiren können, die

mit Hautschichtfetzen verbunden, in dem Untersuchungsmedium frei lagen.

Ein gleichartiges Aussehen gewinnt das Körnerplasma, wegen der grösseren Resistenzfähigkeit der äussersten Aleuronkörnerschichte und der innerhalb derselben auftretenden Lamellen erst nach längerer Einwirkung des wasserhaltigen Untersuchungsmediums.

Dieser durch Abrundung der Aleuronkörner sich zu erkennen gebende Grad der Desorganisation ist der relativ geringste unter allen, in welche das Aleuronkorn nach und nach gelangt. Gleichwohl tritt uns bereits in diesem Stadium der Desorganisation das Körnerplasma als ein Körper entgegen, an dem noch andere, als die durch Abrundung der Aleuronkörper sich direct zu erkennen gebenden Veränderungen nachweisbar sind.

Es besteht nämlich im Verhalten des aus polyedrischen und kugeligen Aleuronkörnern bestehenden, im letzteren Fall bereits desorganisirten Körnerplasmas gegen Kräfte, die eine Lockerung des zwischen Aleuronkörnern und der Grundsubstanz bestehenden Zusammenhanges zu bewirken vermögen, ein auffälliger Unterschied. Zu Gruppen vereinigte, unveränderte polyedrische Aleuronkörner die aus verletzten Zellen dünner Schnitte in die umgebende Flüssigkeit gerathen, werden oft durch die Strömungen des Untersuchungsmediums erschüttert und auch fortgerissen. Dabei werden nur einzelne Aleuronkörner aus ihrem Verbande mit anderen gelöst. Ich sah aber auch solche Gruppen im unveränderten Zustande auf längeren Strecken den Bewegungen der Flüssigkeit folgen; sie wurden oft sehr weit von den Punkten, auf welchen sie von der Strömung ergriffen wurden, wieder deponirt, ohne dass der Zerfall erfolgt wäre.

Nach Abrundung der Aleuronkörner habe ich derartige Erscheinungen nie wahrnehmen können, ich sah immer nur entweder einzelne oder sehr schnell in ihre Bestandtheile zerfallende Gruppen kugeliger Aleuronkörner im Gesichtsfeld herumschwimmen.

Dieses Verhalten des noch polyedrische Aleuronkörner enthaltenden und des aus abgerundeten, in einer augenscheinlich gequollenen Substanz eingeschlossenen, Aleuronkörnern bestehenden Körnerplasmas, ist in mehr als einer Hinsicht von

Interesse. Es wird zunächst durch den Widerstand, welchen aus polyedrischen, durch helle Zwischenräume getrennten Aleuronkörner, bestehende isolirte Theile des Körnerplasmas, einer Lockerung des Zusammenhanges entgegensetzen, die Richtigkeit der von mir vertretenen Ansicht, dass diese hellen Zwischenräume einer Grundsubstanz entsprechen, über allen Zweifel erhoben. Ich werde später noch einige andere Thatsachen, die zu Gunsten dieser Auffassung sprechen, anführen. Es ergibt sich jedoch schon aus dem erwähnten Verhalten, der im isolirten Zustande in der umgebenden Flüssigkeit schwimmenden Fragmente mit voller Gewissheit, dass die Lamellen nicht von dieser, sondern von einem ganz verschiedenen Stoff gebildet werden.

Anderseits führt das Verhalten des veränderten Körnerplasmas unter denselben Umständen zur Schlussfolgerung, dass die Einwirkung des Wassers sich nicht allein auf die Aleuronkörner beschränkt. Gleichzeitig muss auch die Grundsubstanz eine Veränderung ihrer ursprünglichen Cohäsionsverhältnisse erfahren; denn sie ist bereits in diesem Stadium der Veränderungen des Körnerplasmas so gelockert, dass jetzt ein schwacher Anstoss genügt, um die Aleuronkörner aus ihrem ursprünglichen Verbande zu lösen.

Ich finde in einer Stelle der zweiten Auflage des Lehrbuches von Sachs, wo die betreffenden Verhältnisse eingehender als in der vierten besprochen werden, auf alle Fälle Nichts, woraus ich entnehmen könnte, dass die von mir als Grundsubstanz bezeichnete, die Aleuronkörner aufnehmende Substanz, dem genannten Forscher bekannt gewesen wäre. Die betreffende Stelle, [1] welche in die vierte Auflage nicht übergegangen ist, lautet wörtlich: „Zwischen den Stärkekörnern ist der Zellraum erfüllt von einer Grundmasse, welche das in essigsaurem Wasser aus Erbsen leicht ausziehende Legumin enthält; es ist offenbar das bei der Reife vertrocknete Protoplasma. Dasselbe ist aber hier keine zusammenhängende Masse, es ist vielmehr in zahlreiche kleine Körnchen zerfallen, deren jedes im Wasser aufquillt und eine Vacuole bildet, so dass die Körnchen als Blasen mit verhältnissmässig dicker Wand erscheinen."

[1] L. c., S. 52. Die erste und dritte Auflage dieses Lehrbuches stehen mir nicht zu Gebote.

In der vierten Auflage des genannten Werkes ist nur von Körnchen die Rede.[1]

Direct wahrnehmbar wird die lamellenbildende Grundsubstanz bei einiger Aufmerksamkeit und günstigen Beleuchtungsverhältnissen, wenn man isolirte Aleuronkörnergruppen in dem Zeitpunkte durch einen auf das Deckglas ausgeübten Druck zerquetscht, in welchem sich der desorganisirende Einfluss des im concentrirten Glycerin enthaltenen Wassers bereits geltend gemacht hat, was übrigens in vielen Fällen nicht nothwendig ist, da Klumpen, welche aus abgerundeten Aleuronkörnern bestehen auch von selbst zerfallen. Nach vollzogener Trennung der desorganisirten Aleuronkörner macht sich bei genügender Anstrengung des Auges, die desorganisirte, ursprünglich lamellenbildende Zwischensubstanz, als eine wolkige Trübung bemerkbar, innerhalb welcher stellenweise grössere Körnchen, die möglicherweise auch Fetttropfen sein könnten, erscheinen.

Es ist nun diese, wegen ihres sehr schwachen Lichtbrechungsvermögens nur schwer wahrnehmbare Substanz, welche keine weitere Veränderung erleidet, entweder ein Desorganisationsproduct der Zwischensubstanz, an dessen Zusammensetzung alle ursprünglich in den Lamellen vereinigten Stoffe theilnehmen, oder nur die in dem wasserhaltigen Untersuchungsmedium unlöslichen Residuen derselben. Der letzteren Auffassung über deren Richtigkeit noch weitere Untersuchungen zu entscheiden haben werden, liegt die Annahme zu Grunde, dass die unveränderte hyaline Zwischensubstanz sich aus einem optisch durch Nichts zu erkennen gebenden Gemenge im Wasser löslicher und unlöslicher Stoffe aufbaue. Würde man diese Annahme, zu deren Gunsten die bekannte, den Differenzirungszustand des Körnerplasmas fetthaltige Samen bedingende Stoffvertheilung sprechen würde, als richtig gelten lassen, so wäre der sichtbare Effect der Desorganisation der Grundsubstanz als eine Dissociation in Wasser löslicher und unlöslicher Componenten derselben zu bezeichnen. Es ist auch mit Rücksicht auf den Fettgehalt der Erbsen nicht unwahrscheinlich, dass das Residuum der Zwischensubstanz aus

---

[1] L. c. S. 53.

fein vertheilten Fetttröpfchen bestehe, welche die von Sachs[1] vergeblich gesuchten Fettantheile des Protoplasmas darstellen.

Mit der Überführung in diesen Zustand ist die Widerstandsfähigkeit der Lamellen gänzlich vernichtet; sie haben aufgehört zwischen den Aleuronkörnern der verbindende Kitt zu sein.

Ich habe früher bereits vorgebracht, dass die hyalinen Umkleidungen des Protoplasmas in ihrem Verhalten gegen destillirtes Wasser, dessen lösender Wirkung das Körnerplasma anheimfällt, in einem auffälligen Grade in Hinsicht ihrer Resistenzfähigkeit differiren. Bei der Behandlung trockener Schnitte mit dickem Glycerin ist von diesen Verschiedenheiten des Verhaltens nicht das Geringste wahrzunehmen. Unter diesen Verhältnissen erweisen sich die Hautschichtsäcke als vollkommen resistent gegen die Einwirkung des Wassers und es ist an denselben eine Abschwächung des Lichtbrechungsvermögens, ferner die körnige Structur, die dem veränderten Zustand eigenthümlich ist, im Zeitpunkte in welchem die Aleuronkörner bereits abgerundet erscheinen, eben so wenig zu bemerken, wie in späteren Stadien der Desorganisation des Körnerplasmas.

Die Empfindlichkeit der hyalinen äusseren und inneren Umkleidungen des Protoplasmakörpers, ferner des als Grundsubstanz bezeichneten Theiles des Protoplasmakörpers im differenzirten Zustande des Quellungsstadiums, ist somit gradweise verschieden.

In dieser Beziehung zeigen die Hautschichtsäcke ein mittleres Verhalten: sie sind nur dann resistent, wenn das Körnerplasma im dicken Glycerin oder bei directer Wassereinwirkung in geschlossenen Zellen der Desorganisation unterliegt. Konnte aber die Einwirkung des Wassers an den Hautschichten Veränderungen bewirken, so bleiben diese auf ein relativ geringes Mass beschränkt. In dieser Beziehung wird die Resistenzfähigkeit der Hautschichtsäcke selbst dann nicht von derjenigen der Grundsubstanz erreicht, wenn die Imbition des Körnerplasmas im dicken Glycerin erfolgt, in welchem sich die Structur aller Theile der letzteren noch am längsten unverändert erhält. Die vorstehenden Beobachtungen berechtigen wohl zur Schluss-

[1] Lehrbuch der Botanik. II. Auflage, S. 52.

folgerung, dass die den Zellhäuten und Stärkekörnern anliegenden hyalinen Umkleidungen des Körnerplasmas nicht mit der als Lamellen zwischen den Aleuronkörnern ausgebreiteten Grundsubstanz identificirt werden dürfen, da diese zum Aufbau der peripherischen Hautschicht als auch der Hautschichtsäcke, in einer das differente Verhalten gegen Wasser bedingenden, wesentlich verschiedenen Modification verwendet wird. In dieser Beziehung bestehen zwischen äusseren und inneren hyalinen Umkleidungen des Körnerplasmas und der lamellenbildenden Grundsubstanz in unserem Falle analoge Differenzen, wie sie für lebensthätige Plasmakörper in Hinsicht der Hautschicht, und der Grundsubstanz ihres Körnerplasmas, bereits durch Strasburger sichergestellt wurden.[1]

Das Protoplasma gequollener oder bereits keimender Erbsen erheischt, um der Beobachtung zugänglich gemacht zu werden, einer vorbereitenden Behandlung mit Mitteln, durch welche es gelingen kann, demselben die Quellungsfähigkeit nach dem Übergang in den differenzirten Zustand entweder gänzlich zu benehmen oder unter solche Verhältnisse zu bringen, dass die Desorganisation wenigstens während des Anfertigens der Schnitte und kurze Zeit nach ihrer Beschickung nicht erfolgen kann.

Das letztere kann durch Entwässerung gequollener Erbsen im absoluten Alkohol erreicht werden. Die Untersuchung einem derartig verbreiteten Materiale entnommener Schnitte ist im dicken Glycerin vorzunehmen. Ein äusserst geringer Wassergehalt des Alkohols ist hiebei die Hauptbedingung für das Gelingen der ganzen Procedur, wenn nicht das Protoplasma bei der Untersuchung im dicken Glycerin schon von Anfang an in einem veränderten Zustand entgegentreten soll. Dies ergibt sich unmittelbar daraus, dass zum Aufbau des gesammten Körnerplasmas in unserem Falle eine in Alkohol nicht gerinnbare Modi-

---

[1] Studien über Protoplasma, S. 28. Über Zellbildung und Zelltheilung, II. Auflage, S. 289. Im Lehrbuch der Botanik von Sachs, IV. Auflage, S. 41, wird noch die Ansicht vertreten, dass die Hautschicht von der körnchenfreien Grundsubstanz gebildet werde.

fication von Eiweissstoffen verwendet wird. Es lässt wenigstens die Thatsache, dass die Behandlung gequollener Erbsen mit Alkohol nicht die geringste Veränderung weder an dem Verhalten der Aleuronkörner noch der Lamellen gegen Wasser bewirkt, keine andere Deutung zu.

Durch die vorbereitende Behandlung unseres Objectes mit Alkohol, lässt sich eine Härtung in dem Sinne, wie eines lebensthätigen Plasmakörpers unter gleichen Verhältnissen nicht erzielen. Für die Fixirung des differenzirten Zustandes des Körnerplasmas der Erbse nach dem Quellungs-Act, ist die von Strasburger mit so grossartigem Erfolg und auch zum ersten Mal in Anwendung gebrachte, auf Behandlung mit absolutem Alkohol basirte Untersuchungsmethode des pflanzlichen Protoplasmas, nicht ausreichend.

Aus der Einwirkung des Alkohols ergibt sich in unserem Falle kein anderer Erfolg, als eine durch den Concentrationsgrad des angewandten Alkohols bedingte mehr oder weniger ausgiebige Entwässerung des Körnerplasmas, ohne dass die ursprüngliche Imbitionsfähigkeit und die mit dieser zusammenhängende Leichtigkeit des Überganges in den desorganisirten Zustand auch nur im Geringsten modificirt wären. — Anfänglich, als ich über das Verhalten des Körnerplasmas der Erbse gegen Alkohol nicht orientirt war, glaubte ich allerdings durch die fragliche Behandlung das Object so weit vorbereitet zu haben, dass verdünntes Glycerin oder Wasser als Untersuchungsmedien ausreichen könnten, um den, wie ich vermuthete, fixirten Zustand des Plasmas während der Untersuchung im unveränderten Zustand zu erhalten. Ich unterliess jedoch nicht zur Controle der Ergebnisse der Untersuchung des Objectes unter Wasser, für die entwässerten Schnitte auch das concentrirte Glycerin in Anwendung zu bringen, und so erkannte ich auch sofort, dass das entwässerte Körnerplasma in Wasser Veränderungen erleidet, die vollständig mit denjenigen übereinstimmen, welchen dasselbe vor dieser Behandlung unter denselben Bedingungen unterliegt. — Ich verfuhr zum Zweck einer möglichst gründlichen Entwässerung des Untersuchungsmaterials auf die Weise, dass ich in der Regel ganze Cotyledonen in eine grössere Quantität absoluten Alkohols brachte. Nach 2—3tägiger Einwirkung und öfterer Erneuerung

desselben waren die Cotyledonen für die Untersuchung hinlänglich vorbereitet.

Das Aussehen des Plasmas mit absolutem Alkohol behandelter Cotyledonen bei seiner Untersuchung im dicken Glycerin, welches den allmäligen Übergang des trockenen Plasmas in den differenzirten Zustand ermöglicht, ist verschieden, je nachdem dasselbe mit mehr oder weniger Wasser imbibirt ist.

In dieser Beziehung ist der Concentrationsgrad des angewandten Alkohols, die Dauer seiner Einwirkung für den Zustand des gegen Wasser noch immer sehr empfindlichen Körnerplasmas in demselben Masse bestimmend, wie der Wassergehalt des Untersuchungsmediums.

In Schnitten aus Cotyledonen, welche bis zu dem durch Einwirkung des Alkohols überhaupt erreichbaren Grade entwässert wurden, enthält das Körnerplasma immer so viel Wasser, dass in demselben bei der Untersuchung in Alkohol, die polyedrischen Aleuronkörner und die lamellenartig zwischen diesen vertheilte Grundsubstanz, deutlich zu erkennen sind. Diese Gestaltung zeigt das Körnerplasma auch im dicken Glycerin, vorausgesetzt, dass die Schnitte, Cotyledonen entnommen wurden, die in Folge der Einwirkung des absoluten Alkohols mit einer nur minimalen Wassermenge imbibirt waren.

Wird jedoch zur Entwässerung Alkohol von etwas grösserem Wassergehalt verwendet oder in nicht hinlänglichem Masse, bei Anwendung kleinerer Quantitäten Alkohols von entsprechender Concentration für öftere Erneuerung Sorge getragen, so gelangt das Körnerplasma in einem veränderten Zustand zur Untersuchung und zwar auch dann, wenn die Untersuchung in einem Medium vorgenommen wird, in welchem sich polyedrische Aleuronkörner durch längere Zeit unverändert erhalten können. In diesen Fällen sind die Aleuronkörner entweder kugelig oder bei noch höherem Wassergehalt des nicht hinlänglich zur Untersuchung vorbereiteten Gewebes sogar in einem noch erheblicheren Grade verändert. Da unter den angegebenen Umständen von einer schnell verlaufenden Veränderung durch die Einwirkung des Untersuchungsmediums nicht die Rede sein kann, so muss der veränderte Zustand des Körnerplasmas auf Rechnung der grösseren Wassermenge gesetzt werden, mit welcher das nicht genügend

entwässerte Untersuchungsmaterial noch imbibirt ist. Dies ist jedoch nicht so zu verstehen, als ob diese Veränderungen, die ein relativ höherer Wassergehalt bedingt, bereits vor der Abtrennung des Schnittes erfolgten; es ist vielmehr mit Rücksicht auf das analoge Verhalten des Körnerplasmas bei normalem Wassergehalt des Gewebes anzunehmen, dass die Veränderungen erst im Augenblicke zu Stande kommen, in welchem der ursprüngliche Gewebeverband aufgehoben wird. So bewirkt ein höherer Wassergehalt im Gewebe der Cotyledonen nach vollendetem Quellungs-Act die vollständige Desorganisation des Körnerplasmas in den für die Untersuchung bestimmten Schnitten, in welchem Zustand man das Körnerplasma in diesem Falle auch dann zur Ansicht erhält, wenn die Schnitte sozusagen in ihrem eigenen Saft untersucht werden. Erst bei einem bestimmten Minimum des Gehaltes an Imbitionswasser in dem zu untersuchenden Gewebe, unterbleibt unter übrigens gleichen Umständen die Desorganisation und es bewirkt, so lange durch die Entwässerung dieses Minimum nicht erreicht ist, ein, wie ich vermuthe nur sehr geringer Überschuss des Imbitionswassers nach Aufhebung des ursprünglichen Gewebeverbandes, Veränderungen an den Aleuronkörnern, die allerdings nicht so weit gehen, wie bei dem normalen Wassergehalt des Gewebes nach Abschluss der Quellung. Sind die nach ihrer Quellung durch die Behandlung mit Alkohol entwässerten Cotyledonen für die Untersuchung so weit vorbereitet, dass der noch vorhandene Wassergehalt an dem Körnerplasma während der Abtrennung der Schnitte keinerlei Veränderungen bewirken kann, so tritt uns in diesem Falle das Körnerplasma mit den bereits bekannten Eigenthümlichkeiten seines Baues entgegen. Seine Aleuronkörner sind polyedrisch mit ihren Flächen nahe zusammengerückt, so dass der charakteristische mosaikartige Bau allenthalben mit derselben Deutlichkeit gesehen werden kann, wie wenn der Übergang in diesen Zustand unmittelbar im Untersuchungsmedium erfolgt wäre. In dem, durch die polyedrischen hyalinen Aleuronkörner charakterisirten Differenzirungszustande erhält sich das Körnerplasma nur durch eine sehr kurze Zeit, da in diesem Falle durch die accumulative Wirkung des im Präparat und Untersuchungsmedium enthaltenen Wassers, die auf Abrundung der Aleuronkörner und

Lockerung der Grundsubstanz hinzielenden Veränderungen bereits in einem Zeitpunkt erfolgen, in welchem bei Anwendung desselben Glycerins, das trockene Körnerplasma nur stellenweise differenzirt erscheint.

Nun stellt sich uns die Frage: welchen Bau besitzt das Körnerplasma der Erbse nach Abschluss des Quellungs-Actes, also bei jenem Maximum des Gehaltes an Imbitionswasser im Gewebe der Cotyledonen, welches unter normalen Bedingungen überhaupt erreichbar ist?

Das Körnerplasma der Erbse erscheint bei der Untersuchung in Schnitten, die unmittelbar den gequollenen Cotyledonen entnommen wurden, in den weitaus zahlreichsten Fällen als ein vollkommen structurloser Körper, in welchem ein bestimmter Grad innerer Differenzirung, nur nach Entwässerung der gequollenen Cotyledonen nachweisbar ist. Es ist also in dem Körnerplasma, nach der Quellung der Cotyledonen, immer ein differenzirter Zustand vorhanden, welcher sich, so lange die letzteren mit der ganzen, bei der Quellung aufgenommenen Wassermenge imbibirt sind, nur unter den, aus dem ursprünglichen Gewebeverbande resultirenden Bedingungen unverändert erhalten kann.

Aus diesem Grunde kann der anatomische Befund nur dann zu Schlussfolgerungen über die Präexistenz oder Nichtpräexistenz feinerer Structurverhältnisse im Körnerplasma gequollener Erbsen führen, wenn durch eine vorbereitende Behandlung dieser Eigenthümlichkeit unseres Objectes Rechnung getragen wurde.

Bereits erfolgte Veränderungen des Körnerplasmas, mögen sie auch noch so geringfügig sein, werden durch die Einwirkung des Alkohols nicht rückgängig gemacht. Abgerundete Aleuronkörner werden durch die Entwässerung ebenso wenig polyedrisch, als es durch diese Behandlung der trüben Emulsion, in welche das Körnerplasma bei directer Wasserbehandlung übergeht, auch nur annähernd eine Beschaffenheit zu ertheilen gelingen könnte, welche an Structurverhältnisse erinnern würde, die dem Körnerplasma bei einem geringeren Gehalt an Imbitionswasser eigenthümlich sind. Mit Rücksicht darauf erachte ich es als ausgemacht, dass das Körnerplasma während der Quellung der Erbse analoge

Veränderungen erfährt, wie das des trockenen Schnittes im dicken Glycerin, nur wird auch nach vollendeter Quellung des Samens im Körnerplasma ein bestimmter Differenzirungszustand nicht überschritten; es halten in diesem Falle alle weiteren Veränderungen, deren das Körnerplasma fähig ist, von dem Zeitpunkte an inne, in welchem aus dem ursprünglich structurlosen Körnerplasma polyedrische Aleuronkörner und die zwischen diesen lamellenartig auftretende Grundsubstanz hervorgingen. Dieses Structurverhältniss ist dem Körnerplasma auch im Zustande der höchsten Sättigung des aufgequollenen Gewebes, mit dem während der Quellung aufgenommenen Imbitionswasser eigenthümlich, und es ist, so lange der ursprüngliche Gewebeverband der Reservestoffbehälter nicht aufgehoben wird, das Körnerplasma derselben gegen alle Einflüsse geschützt, die eine weitergehende Veränderung zu bewirken vermögen. —

Vorgreifend einer späteren ausführlicheren Darstellung des Verhaltens der Reservestoffbehälter, bei der Keimung, in Betreff der Resorption ihres Körnerplasmas, will ich an dieser Stelle erwähnen, dass bei der Keimung unter Bedingungen, die eine selbstständige Assimilation der mit den Cotyledonen noch verbundenen Keimpflanzen gestatten, eine häufig sehr grosse Anzahl von Reservestoffbehälter für die Ernährung der Keimpflanze nicht herangezogen wird. In diesem Falle ist das durch die Keimung im Licht erschöpfte Parenchymgewebe aus zweierlei histologischen Elementen zusammengesetzt. Einmal aus Zellen, deren ursprüngliches Protoplasma bis auf einen sehr dünnen Wandbeleg reducirt ist, ferner aus Zellen, deren Lumen ein augenscheinlich gar nicht resorbirte Stärkekörner enthaltender Protoplasmakörper dicht erfüllt. Die Zellen der letzteren Kategorie will ich der Kürze wegen als Vollzellen bezeichnen.

Das Körnerplasma dieser Zellen erscheint in Schnitten aus Cotyledonen, die nach ihrer Erschöpfung in Alkohol gehärtet wurden, in der Regel als eine feinkörnige Masse, in anderen hingegen aus einer Grundsubstanz, und veränderten Aleuronkörnern zusammengesetzt. Die letzteren sind kugelig, und sie können durch die Anwesenheit einer grossen centralen oder auch excentrischen Vacuole, von normalen sofort unterschieden werden.

Das Körnerplasma der Vollzellen zeigt in Betreff seiner Gestaltung eine unverkennbare Ähnlichkeit mit den Desorganisationsproducten, welche sowohl aus dem trockenen Körnerplasma durch directe Einwirkung des Wassers, als auch aus dem bereits differenzirten der Zellen des gequollenen Samens, durch Aufhebung des Gewebeverbandes hervorgehen.

Ich muss den Zeitpunkt, in welchem das Körnerplasma der Vollzellen während der Keimung diese Veränderungen erleidet, als einen relativ späten, keineswegs mit dem Beginn der Keimung zusammenfallenden, bezeichnen und dies aus dem Grunde, weil durch meine Hände oft Cotyledonen gingen, welche zwischen den bereits im hohen Grade erschöpften Zellen auch solche enthielten, an deren Körnerplasma auch nicht die geringste Veränderung wahrgenommen werden konnte. Es erschien vielmehr in den Zellen der letzteren Kategorie das Körnerplasma in einem Zustande, welcher durchaus übereinstimmend mit demjenigen befunden wurde, in welchem dasselbe nach vollendeter Quellung des Samens überführt wird. Bis zu einem gewissen Zeitpunkt markiren sich desshalb die, später als Vollzellen erscheinenden Reservestoffbehälter durch die unveränderte Gestaltung ihres Körnerplasmas. Dieses Verhalten berechtigt wohl zur Schlussfolgerung, dass das Imbitionswasser des Gewebes seine desorganisirende Wirkung auf die ursprüngliche Beschaffenheit des Körnerplasmas gewisser Reservestoffbehälter erst in einem Zeitpunkte zu äussern vermag, in welchem die Veränderungen im Inhalt umliegender Zellen in Folge ihrer Erschöpfung, bis zu einem bestimmten Punkte gediehen sind. Für die Erhaltung der ursprünglichen, durch den auf Wasseraufnahme beruhenden Quellungsvorgang zu Stande kommenden Structurdifferenzirung des Körnerplasmas der Resorption nicht unterliegender Reservestoffbehälter, ist somit der Gewebeverband nicht ausreichend; es verliert vielmehr das Körnerplasma später als Vollzellen auftretender Reservestoffbehälter seine Resistenz gegen die Einwirkung des im Gewebe enthaltenen Imbitionswassers, nachdem die aus der Keimung sich ergebenden Veränderungen in den umliegenden Zellen einen bestimmten Grad erreicht haben.

Der Erklärung dieses, auf dem Verluste der Resistenzfähigkeit beruhenden Verhaltens des Körnerplasmas im Gewebeverbande befindlicher Reservestoffbehälter, könnten zwei Annahmen zu Grunde gelegt werden:

1. Die Imbition des Körnerplasmas der betreffenden Zellen wird bis zu einem gewissen Zeitpunkte durch die, den vitalen Zustand dieser Zellen bedingenden Vorgänge geregelt, und es ergeben sich erst aus dem Verluste der Vitalität die Bedingungen, unter denen das Körnerplasma der desorganisirenden Einwirkung des im Gewebe enthaltenen Imbitionswassers unterliegt.

2. Der längere Bestand der Structurdifferenzirung im Körnerplasma ergibt sich aus Ursachen, die mit Vitalitäts-Erscheinungen nicht im Zusammenhange stehen, und es verhält sich in dieser Hinsicht das Körnerplasma bis zu einem bestimmten Zeitpunkt analog mit demjenigen im Quellungsstadium, da im letzteren die ersten Regungen des Keimlebens erst nach Überführung in denselben Zustand innerer Differenzirung beginnen.

Eine dritte Möglichkeit, dass Vollzellen nur aus solchen Reservestoffbehältern hervorgehen, denen die Fähigkeit, in den vitalen Zustand zu übergehen, aus der einen oder anderen Ursache abgeht, und die gewissermassen zur Metamorphose in Vollzellen prädestinirt sind, kann bei der Erörterung der uns beschäftigenden Frage nicht in Betracht kommen, da, wie ich bereits erwähnte, das Erscheinen der Vollzellen mit ganz bestimmten äusseren Bedingungen der Keimung zusammenhängt.

Im Keimungsstadium, in welchem die Wurzel aus dem Samen hervorbricht, befindet sich das Körnerplasma der Reservestoffbehälter noch immer in demselben Zustande, in welchem es durch die Quellung überführt wurde; Differenzen in Betreff der Gestaltung des Körnerplasmas, wie sie durch die bei der Keimung im Licht stattfindende Vollzellbildung bedingt sind, machen sich erst dann bemerkbar, wenn die Keimwurzel die Länge von ca. 10 Mm. erreicht hat. Ist die Entwickelung des Keimes bereits so weit vorgeschritten, so erscheinen zwischen Zellen, in deren Körnerplasma nun auf Resorption beruhende Veränderungen auf das Deutlichste wahrgenommen werden können, auch solche, deren Körnerplasma noch immer nicht aus dem dem Quellungsstadium entsprechenden Zustande herausgetreten ist. Dies sind

die späteren Vollzellen des seiner Erschöpfung entgegengehenden Parenchyms

Dies vorangeschickt, wollen wir zunächst die Annahme prüfen, ob die Erhaltung der durch die Quellung erlangten Structurdifferenzirung durch längere Zeit mit der Vitalität dieser Zellen in Zusammenhang gebracht werden dürfe. Die Thatsache, dass das gequollene, noch nicht vital gewordene Körnerplasma der mit Desorganisation abschliessenden Einwirkung des im Gewebe enthaltenen Imbitionswassers unterliegen kann, ist noch kein Beweis gegen die Richtigkeit der Annahme, dass das Körnerplasma, welches dieselbe Structurdifferenzirung besitzt, durch seine Vitalität an Resistenz gegen die Einwirkung desselben Agens gewinne.

Dagegen sprechen jedoch auf das Entschiedenste die Resultate einiger Versuche mit keimenden Erbsen, aus denen die Wurzel soeben hervorzubrechen begann. In diesem Keimungsstadium sind alle Differenzen, die späterhin zwischen sich erschöpfenden und intact bleibenden bestehen, vollkommen unterdrückt; es besitzt das Körnerplasma aller Zellen denselben Zustand innerer Differenzirung, und es ist anzunehmen, dass allen Zellen die Betheiligung an Lebensvorgängen in gleichem Masse zufällt.

Das Durchschneiden der Cotyledonen im angegebenen Keimungsstadium befindlicher Erbsen hat die Desorganisation des Körnerplasmas in allen Zellen zur Folge, die sich unmittelbar unter der, durch den Schnitt getroffenen Zellschichte befinden. Es kann sich sogar die Desorganisation von der durch den Schnitt freigelegten Zelllage bis zu einer grösseren Tiefe in das Innere des Gewebes fortpflanzen. Analog verhält sich das Körnerplasma innerhalb ganz geschlossener Zellen, der Cotyledonen keimender Erbsen entnommenen Schnitte. Ähnliche Resultate ergaben auch Verwundungen der Cotyledonen beim Beginn der Keimung, die ihnen auf verschiedenen Punkten durch Nadelstiche oder Einschnitte mit feinen Lanzetten beigebracht wurden. Die Untersuchung der verwundeten Cotyledonen, die selbstverständlich erst nach der Entwässerung in Alkohol vorgenommen wurde, ergab im Körnerplasma der im Bereiche der Wundflächen befind-

lichen Zellen analoge Veränderungen, wie sie auch dem desorganisirten Körnerplasma der Vollzellen eigenthümlich sind.

Es kann mit Rücksicht auf dieses Verhalten des bereits vital gewordenen Körnerplasmas wohl keinem Zweifel unterliegen, dass die Bedingungen, unter denen sich während des ersten Keimungsstadiums eine bestimmte Structurdifferenzirung im Körnerplasma erhalten kann, ebenso wenig mit seiner Vitalität in Zusammenhang gebracht werden dürfen, als die während der Quellung des Samens erfolgende Differenzirung.

Die zweite Annahme, über deren Zulässigkeit die eben vorgebrachten Gründe entscheidend sein dürften, lässt zwei Fragen, die übrigens ganz irrelevant sind, unberührt. Es ist nämlich a priori denkbar, dass erst die Desorganisation dem vitalen Zustand des aus dem Quellungsstadium nicht heraustretenden Körnerplasmas der späteren Vollzellen ein Ende mache, nachdem die Lebensvorgänge sich in diesen Zellen mit so bedeutend herabgestimmter Intensität vollzogen haben, dass die Veränderungen in Folge dieser auf ein sehr geringes, direct nicht zu beurtheilendes Mass beschränkt blieben. Ich getraue mir nicht zu, in dieser Hinsicht ein bestimmtes Urtheil abzugeben; ich erachte es jedoch für wahrscheinlicher, dass es für die Reservestoffbehälter, aus denen Vollzellen hervorgehen, mit den ersten Regungen des Keimlebens sein Bewenden habe, und dass die Desorganisation erfolgt, nachdem der Plasmakörper schon früher seine Vitalität eingebüsst hat.

Für die Erklärung der Ursachen, welche die Resistenzfähigkeit des Körnerplasmas gegen die Einwirkung des im Gewebe enthaltenen Imbitionswassers, während der Quellung beim Beginne der Keimung und in einer gewissen Kategorie von Zellen in einem noch späteren Zeitpunkt bedingen, dürfen specifische Vitalitätsäusserungen der Protoplasmakörper nicht herangezogen werden, es ist vielmehr anzunehmen, dass aus der Organisation des Samens sich ergebende Einrichtungen mechanischer Natur die Imbition des Protoplasmas so lange zu regeln vermögen, als überhaupt in diesem eine bereits im Quellungsstadium vorhanden gewesene Structur besteht.

Unter diesem Gesichtspunkte ist der längere Bestand des Differenzirungszustandes des Körnerplasmas späterhin als Vollzellen erscheinender Zellen keine wunderbarere Thatsache, als das Verhalten des gegen die Einwirkung des Wassers so empfindlichen Körnerplasmas bei der Quellung und in den ersten Keimungsstadien der Erbse.

Aus dem eben vorgeführten Verhalten des Körnerplasmas ergibt sich aber auch mit vollkommener Sicherheit, dass das Wasser seiner deformirenden Wirkung nur unter bestimmten Bedingungen äussern kann, dass ferner die Modalitäten unter denen sich die Wasseraufnahme in einem quellenden Samen und einem zur mikroskopischen Beobachtung bestimmten Präparate vollziehen, wesentlich verschieden sein müssen.

Bei der Untersuchung des trockenen Körnerplasmas bei seinem Übergang in den differenzirten Zustand, kommt es hauptsächlich darauf an, alle Umstände auszuschliessen, aus denen sich eine allzureiche Wasserzufuhr ergeben könnte. Ich habe dies noch auf die Weise erreicht, dass ich trockene, am Objectträger liegende Schnitte mit feuchten Schnitzeln von Lösch- oder Filtrirpapier in Contact brachte. Zum Zwecke der Beobachtung wurde das Deckgläschen so aufgelegt, dass ein Theil der wasserzuführenden Papierfetzen frei blieb; so ist man in Stand gesetzt, durch Betupfen des Papiers mit Wasser die Imbition zu beschleunigen, oder wenn sich die Aufnahme des Wassers zu schnell vollziehen sollte, durch Auflegen trockener Papierschnitzel dieselbe herabzumindern. Der Zustand, in dem sich das trockene Präparat befindet, erschwert selbstverständlich einen genaueren Einblick in alle Theile desselben; man bleibt während der Beobachtung gewöhnlich nur auf sehr engbegrenzte Stellen beschränkt. — Das lufttrockene Plasma erscheint innerhalb der durch die lufterfüllten Intercellulargänge sich mit hinlänglicher Deutlichkeit markirenden Zellgrenzen, als eine sehr stark lichtbrechende Masse, an welcher beiderlei Hautschichten mit der grössten Deutlichkeit, namentlich an zweimal durchschnittenen Zellen angehören Inhaltskörpern, wahrgenommen werden können. Das von den hellen

Hautschichtsäumen eingeschlossene Körnerplasma lässt keinerlei Differenzirung erkennen, es erscheinen vielmehr die Aleuronkörner und die Lamellen der Grundsubstanz zu einer durchaus homogenen Masse verschmolzen, welche in Betreff der Färbung analoge Beziehungen zu der des Samens erkennen lässt, wie das Aleuronkorn des bereits durch Wasseraufnahme differenzirten Körnerplasmas.

Das Körnerplasma innerhalb der Zellen, die sich mit den feuchten Papierfasern in unmittelbarem Contact befinden, kommt in der Regel in einem bereits desorganisirten Zustand zur Beobachtung. In den entfernteren Partien macht sich der differenzirte Zustand zwar bemerkbar, jedoch immer nur auf Stellen von sehr geringer Ausdehnung. Dabei sieht man, bevor noch die von bedeutender Volumzunahme alle Theile der Zelle begleitete Desorganisation zu Stande gekommen ist, den differenzirten Zustand stellenweise mehr und mehr undeutlich werden und schliesslich sogar verschwinden, worauf diese Partie des Körnerplasmas zu ihrer ursprünglichen structurlosen Beschaffenheit zurückkehrt.

Der Verlauf der Quellung, der mit dieser zusammenhängende Übergang in den differenzirten Zustand, sowie die später stattfindenden Veränderungen sind somit unter diesen Verhältnissen streng localisirt. Ich vermuthe, dass dies durch zwei Ursachen bedingt sein muss. Einmal durch die Verbindung der bereits quellenden Partien des Schnittes mit trockenen, und durch die Art der Wasserzufuhr. Es können unter diesen Umständen einzelne Partien des Schnittes nur allmälig und nicht gleichzeitig der Quellung unterliegen, was allerdings der Fall ist, wenn man die trockenen Schnitte mit dickem Glycerin eindeckt. — Es ist ferner unter diesen Umständen nicht möglich, dem Verluste an Wasser entgegenzuwirken, welchen die bereits differenzirten Partien durch die Verdunstung desselben erleiden. Dadurch wird der frühere structurlose Zustand wieder hergestellt, dabei verliert aber das bereits differenzirt gewesene Körnerplasma jedoch für immer die Fähigkeit, in den differenzirten Zustand von Neuem zu übergehen, wie sich dies auch aus der Untersuchung nach der Quellung ausgetrockneter Erbsen in dickem Glycerin ergab. So ist es erklärlich, warum bei der angegebenen Behand-

lungsweise dicht neben differenzirten Partien auch solche von vollkommener structurloser Beschaffenheit erscheinen. Diese Ungleichheiten im Körnerplasma einer Zelle gewähren den Anschein, als befände sich ein Theil desselben im desorganisirten Zustande. — Alle diese Übelstände, welche sich aus der ungleichmässig fortschreitenden Quellung und der Verdunstung ergeben dürften, werden durch Anwendung des Glycerins vermieden.

Man erblickt auch stellenweise in der structurlosen Masse des Körnerplasmas im Zickzack verlaufende helle Linien. Durch diese werden nach dem Zusammentreffen oft polygonale aus noch unverändertem Körnerplasma bestehende Felder abgegrenzt, deren Grösse die der Aleuronkörner bedeutend übertrifft. Nach einiger Zeit setzen sich diese hellen, der bereits local gequollenen Grundsubstanz entsprechenden Linien, seitlich in die noch undifferenzirte Masse des Körnerplasmas fort; dabei können die erwähnten, grösseren polygonalen Felder eine bereits mehrfach besprochene, im wasserimbibirten Zustand vorhandene Structurdifferenzirung erlangen. — Es ist nicht unwahrscheinlich, dass dieser Gang der Differenzirung demjenigen bei der Quellung ganzer Samen entspricht, da ja auch im letzteren Falle, wegen der festen Verbindung der bereits gequollenen äusseren Partien mit noch trockenen, innere Verhältnisse bestehen, aus denen sich ein ähnlicher Verlauf der auf Wasseraufnahme beruhenden Differenzirung ergeben könnte.

Beim Beginne der Quellung erscheint das Körnerplasma durch dunkle, zu polygonalen Figuren zusammenschliessende, Linien gefeldert, die sich allmälig zu hellen, den Lamellen entsprechenden Zwischenräumen erweitern. Die Grösse der Aleuronkörner bleibt während dieser Vorgänge stationär.

Es gewährt demnach der Verlauf der Quellung den Anschein, als würde sich die Wasserimbition beim Übergange des Körnerplasmas in den differenzirten Zustand mit grösserer Intensität in den Lamellen als in den Aleuronkörnern vollziehen, für welche Auffassung nicht nur die länger andauernde Quellung in den Lamellen, sondern auch das Hervorgehen dieser aus der dichten Masse des structurlosen trockenen Körnerplasmas als

Gründe von einiger Stärke wohl bestimmend sein dürften. Da ferner die polyedrischen Aleuronkörner in Betreff ihres Lichtbrechungsvermögens wenig oder wenigstens in einem direct nicht wahrnehmbaren Grade von demjenigen des trockenen Körnerplasmas differiren, so können wir den ganzen Differenzirungsvorgang im Körnerplasma als eine unter dem Einflusse der beginnenden Quellung desselben stattfindende Sonderung dichterer Partien, der Aleuronkörner, von den substanzärmeren Theilen, den Lamellen der Grundsubstanz, bezeichnen.

Wenn ich den Verlauf der, in beiderlei Hautschichten übergehenden und zu einem für die Aufnahme der Aleuronkörner bestimmten Kammersysteme zusammentretenden, Lamellen der Grundsubstanz des Körnerplasma in Betracht ziehe, so gewährt es für mich den Anschein, als würde der höheren Quellungsfähigkeit der Lamellen, eine Anpassung für eine physiologische Function und zwar für die Leitung des von den peripherischen Hautschichten bei der Quellung des Samens aufgenommenen Wassers, nach den inneren Theilen des Körnerplasmas zu Grunde liegen.

Es scheinen zu Gunsten dieser Annahme, die ich übrigens selbst nur für eine Hypothese ansehe, zwei Umstände zu sprechen. Einmal die verhältnissmässig sehr geringe Imbitionsfähigkeit der Theile des Protoplasmas, aus welchen während der Quellung die Aleuronkörner hervorgehen, und andererseits ihre Anordnung, aus der sich eine bestimmte Beziehung zu den fraglichen Vorgängen gar nicht ableiten lässt. Ich erachte es vielmehr für wahrscheinlicher, dass die lamellenbildende Grundsubstanz, die durch ihre Vertheilung das Zustandekommen eines das ganze Körnerplasma durchsetzenden Canalsystems ermöglicht, in Verbindung mit ihrer höheren Imbitionskraft, den in Betreff der Function einer ausgiebigeren Fortleitung des Wassers zu stellenden Anforderungen vollkommen genügen könnte.

Der ganze unter den Augen des Beobachters bei langsamer Wasserzufuhr im Körnerplasma erfolgende Differenzirungsvorgang lässt, wenn wir nur den äusseren, durch die Wasseraufnahme bewirkten Effect ins Auge fassen, eine Analogie mit dem Verhalten trockener, geschichteter oder gestreifter Zellhäute und Stärkekörner unter denselben Verhältnissen erkennen. Und

diese Übereinstimmung des Verhaltens ist eine so weitgehende, dass, wenn überhaupt durch die Untersuchung die stoffliche Identität der Lamellen und Aleuronkörner sichergestellt würde, eine Hypothese über den micellaren Bau des uns beschäftigenden Körnerplasmas aus Gründen der Analogie, aus der Theorie Nägeli's über den micellaren Bau der Zellhäute und Stärkekörner abgeleitet werden könnte. Wäre diese Voraussetzung, die allein über die Zulässigkeit eines derartigen Erklärungsversuches für die aus der Imbition des Körnerplasmas sich ergebenden Erscheinungen entscheidend ist, richtig, so müsste der aus der Wasseraufnahme sich ergebende differenzirte Zustand als Resultat der ungleichen, durch micellare Verschiedenheiten bedingten Imbitionsfähigkeit aufgefasst werden. Es müsste, wenn die Theorie Nägeli's mit allen ihren Consequenzen auf den micellaren Bau des Körnerplasmas der Erbse übertragen werden dürfte, angenommen werden, dass die Lamellen aus kleineren, die Aleuronkörner aus grösseren, durch Wasserhüllen differenter Mächtigkeit getrennten Micellen bestehen, dass ferner das Imbitionswasser zu der Structurdifferenzirung des Körnerplasmas, vermöge seiner ungleichen Vertheilung, in dasselbe Verhältniss trete, wie das Imbitionswasser zu den Schichten differenten Lichtbrechungsvermögens der Zellhäute und Stärkekörner Dies ist der Grundgedanke einer der Micellartheorie Nägeli's angepassten Auffassung, die ich zur Zeit, als mir irgend welche Unterschiede in Hinsicht des chemischen Verhaltens der Grundsubstanz und Aleuronkörner nicht bekannt waren, als zulässig erachtete, wenigstens insoferne, als sie einstweiligen Ersatz für bestimmtere Anschauungen bieten und auch in dieser Form, den bei der Wasseraufnahme erfolgenden Differenzirungsvorgang dem Verständnisse näher bringen konnte. — Und wenn Erwägungen, die nur die wechselnden Cohäsionsverhältnisse des lebensthätigen Plasmakörpers betreffen, zu Vorstellungen über den micellaren Bau führen konnten, durch welche derselbe unter das von Nägeli für die Zellhäute und Stärkekörner aufgestellte Schema gebracht wird — die also als etwas mehr gelten müssten, als blosse Deductionen aus allgemeinen Anschauungen über die Discontinuität der organisirten Materie — in einem wie viel höheren Grade müsste dann das Verhalten des Körnerplasmas

der Erbse bei der Wasseraufnahme zu ähnlichen Schlussfolgerungen berechtigen, wenn die Frage nach der stofflichen Beschaffenheit der Lamellen und der Aleuronkörner durch die sichergestellte chemische Gleichartigkeit der Substanz beider ihre Erledigung fände!

Es gibt meines Wissens kaum ein anderes, der Kategorie der Protoplasmakörper angehöriges Object, mit welchem die bewusste Vorstellung durch micellare Verschiedenheiten bedingter Eigenthümlichkeiten der Organisation, in nähere Beziehungen gebracht werden könnte.

Gegen die Annahme, dass die Lamellen der Grundsubstanz und die Aleuronkörner aus gleichartiger Substanz bestehen, und dass im differenzirten Zustande des Körnerplasmas lediglich durch ungleichen Wassergehalt bedingt optische Verschiedenheiten zum Ausdrucke gelangen, spricht auf das Entschiedenste das Verhalten des Körnerplasmas gegen concentrirte Essigsäure.

Durch Behandlung trockener Schnitte mit concentrirter Essigsäure kommen die, dem gequollenen Körnerplasma eigenthümliche Structurverhältnisse in einem unveränderten Zustande zur Anschauung. Das Körnerplasma besitzt jedoch unter diesen Umständen ein für die Wirkungskreise der Essigsäure sehr charakteristisches Aussehen. Es verhält sich nämlich das Essigsäure-Präparat zu dem im concentrirten Glycerin in den differenzirten Zustand übergangenen Körnerplasma, in Hinsicht der Vertheilung der Partien differenten Lichtbrechungsvermögens etwa so, wie das positive Bild zum negativen einer Photographie, da unter diesen Verhältnissen eine vollständige Umkehrung der normalen Dichtigkeitsunterschiede zu Stande kommt.

Die Hautschichten unterliegen bei dieser Behandlung einer schwachen Quellung; in Folge dieser erscheinen sie in Essigsäure-Präparaten mit einer Deutlichkeit, wie sie durch kein anderes von mir in Anwendung gebrachtes Reagens hervorgerufen werden kann.

Um Vieles erheblicher sind die im Körnerplasma bewirkten Veränderungen. Dieses lässt nun den mosaikartigen Bau der Wasserpräparate nicht mehr erkennen; es erscheint vielmehr durch helle, scharfcontourirte, der ursprünglichen Grundsub-

stanz entsprechende Lamellen, in polyedrische Kammern zerlegt, deren Lumen der Gestalt der scheinbar ganz verschwundenen Aleuronkörner entspricht. Das durch concentrirte Essigsäure veränderte Körnerplasma gewährt fast den Anblick einer differenzirten Zellenmasse: man könnte die peripherischen Kammern mit der anliegenden Hautschicht, die eine grössere Dicke als die in dieselbe verlaufenden Lamellen der Grundsubstanz besitzt, mit einer Epidermis, das innere Kammersystem mit seinen grossen, die Stärkekörner aufnehmenden Lacunen mit dem Grundgewebe vergleichen.

Die Betrachtung des in unverletzten Zellen enthaltenen veränderten Körnerplasmas allein ist nicht ausreichend, um zu einer bestimmten Aussage in Hinsicht der Qualität des Inhaltes der Kammern führen zu können, es bleibt unter diesen Umständen zweifelhaft, ob die Kammern von der umgebenden Flüssigkeit oder einer mit der letztern in Hinsicht des Lichtbrechungsvermögens übereinstimmenden, qualitativ jedoch differenten Substanz erfüllt sind. — Die Lichtbrechungsverhältnisse der Hautschichten und der Lamellen sind nahezu gleich; an Essigsäure-Präparaten treten daher die Lamellen der Grundsubstanz auf allen Punkten des Körnerplasmas mit einer überraschenden Schärfe auf. Bei der Betrachtung des durch Essigsäure veränderten in zweimal durchschnittenen Zellen befindlichen Körnerplasmas, gewähren die Lamellen den Anblick eines im ganzen Raum zwischen der peripherischen Hautschichte und den Hautschichtsäcken der Stärkekörner ausgespannten von den hyalinen Umkleidungen des Protoplasmakörpers ausgehenden Netzgerüstes. Zerreibt man das mit Essigsäure behandelte Präparat mit Hilfe des Deckglases, so können aus dem zerrissenen Kammersysteme des Körnerplasmas, die scheinbar ganz verschwundenen Aleuronkörner isolirt werden und man erkennt sofort, dass die durch Essigsäure veränderten Aleuronkörner in Betreff ihrer Gestalt mit den ursprünglichen vollkommen übereinstimmen, und von den letzteren nur durch ein viel geringeres, mit dem der angewandten Zusatzflüssigkeit fast übereinstimmendes Lichtbrechungsvermögen differiren. So erklärt sich ihre scheinbare Abwesenheit in dem, durch die stark lichtbrechenden Lamellen gebildeten Kammersystem.

Ich will noch bemerken, dass in Folge der Behandlung mit Essigsäure kein Theil des Protoplasmas seine ursprüngliche hyaline Beschaffenheit verliert.

Aus dem eben Mitgetheilten geht zur Evidenz hervor, dass die Grundsubstanz und die Aleuronkörner qualitativ nicht identisch sind. Es wäre sonst nicht zu erklären, warum diese Theile des differenzirten Protoplasmas in einem so ungleichen Grade verändert werden. Diese Verschiedenheiten im Verhalten gegen Essigsäure sind duch den ungleichen Gehalt an Stoffen bedingt, welche dem Körnerplasma durch Essigsäure entzogen werden können, und zwar muss angenommen werden, dass die Grundsubstanz die in Essigsäure löslichen Stoffe entweder nur in sehr geringer Menge oder auch gar nicht enthält, dass ferner diese Stoffe in der grössten Menge in den Aleuronkörnern vorhanden sind.

Aus diesem Grunde verliert die Annahme, dass in dem Baue des Körnerplasmas nach vollendeter Quellung desselben, nur in der physikalischen Beschaffenheit seiner Theile begründete Verschiedenheiten zum Ausdrucke gelangen, dass ferner die im Quellungsstadium vorhandene Differenzirung nur als ein optischer Effect angesehen werden dürfe, an Wahrscheinlichkeit.

So ist der endgiltige Entscheid gewonnen, dass Organisationsverhältnisse allein für die Beschaffenheit des Körnerplasmas im wasserimbibirten Zustande nicht massgebend sein können, da angenommen werden muss, dass auch eine, auf der chemischen Beschaffenheit der Grundsubstanz und der Aleuronkörner beruhende, Substanzdifferenzirung die Imbitionsfähigkeit dieser Theile beeinflusst.

Nach Überführung in den beschriebenen Zustand ist der Plasmakörper in allen seinen Theilen keiner weiteren Veränderungen fähig, sie unterbleiben auch stundenlang fortgesetzter Einwirkung der Essigsäure.

Die Volumverhältnisse des Körnerplasmas in Essigsäure-Präparaten entsprechen genau denjenigen, welche so, lange das Körnerplasma polyedrische, durch äquidistante Lamellen der Grundsubstanz getrennte Aleuronkörner enthält, nicht überschritten werden können. Ferner besitzen die polyedrischen Kammern und die, diese einschliessenden Lamellen, genau

dieselben Dimensionen, welche diese Theile bis zu einem gewissen Zeitpunkte innehaben, wenn das trockene Körnerplasma durch Wasserimbition den Zustand normaler Differenzirung erlangt.

Das Körnerplasma der Essigsäure-Präparate ist ferner gegen die Einwirkung von Wasser resistent; es befindet sich nach Umkehrung der Lichtbrechungsverhältnisse in einem so vollkommen fixirten Zustand, dass eine Quellung desselben in Folge nachträglicher Behandlung mit Wasser gänzlich unterbleibt. Unter diesen Verhältnissen ist die Quellung nur auf die Zellhäute beschränkt, und es erscheinen diese, wenn ihre Quellung innehält, von den ihr Volum nicht verändernden Plasmakörpern durch weite Zwischenräume getrennt.

Dadurch ist ein Massstab gewonnen, welcher der Beurtheilung der Volumverhältnisse des Plasmakörpers vor und nach der Desorganisation unmittelbar zu Grunde gelegt werden kann.

Wird ein trockener Schnitt, mit dem structurlosen Körnerplasma seiner Zellen, selbst in das für die Erhaltung der Strukturverhältnisse des letzteren nach vollzogener Quellung geeignetste Medium gebracht, so schreitet die Wasseraufnahme und die durch diese bewirkte Desorganisation unaufhaltsam fort. Dabei bleibt aber das Lumen der Zelle, auch wenn die Desorganisation bei ihrem Schlussacte angelangt ist, immer von dem Plasmakörper erfüllt, welcher der Volumzunahme der Zellhaut unter diesen Verhältnissen Schritt für Schritt folgt. Es ist mir nie vorgekommen, dass bei der allmälig sich vollziehenden Desorganisation die Zellhaut von dem Plasmakörper abgehoben worden wäre. Dies erklärt sich daraus, dass die peripherische Hautschichte durch eigene Imbition, das Körnerplasma durch seine Quellung, die aber zur Dehnung der Hautschichte Nichts beiträgt, ihr Volum in einer Weise vergrössern, dass eine stete Raumerfüllung der Zelle zu Stande kommt.

Es ergibt sich nun aus der Volumverschiedenheit der Zellhaut und Plasmakörpers nach der Quellung im Wasser des zuvor mit Essigsäure behandelten Präparates, dass dem Plasmakörper im differenzirten Zustande des Quellungsstadiums ein kleineres Volum als dasjenige entspricht, welches der Plasmakörper in Folge der Desorganisation überhaupt erreichen kann.

Daraus ziehe ich den Schluss, dass eine Desorganisation des Plasmas in Folge der Wasseraufnahme nur dann erfolgen kann, wenn dasselbe seine Quellungsfähigkeit unbeeinflusst zu äussern vermag, dass ferner der jeweilige Zustand, in welchem uns dasselbe innerhalb geschlossener Zellen der Schnitte entgegentritt, mit Volumverhältnissen der Zellen direct zusammenhängen müsse. Ich habe diesen Gedankengang einer, im weiteren Verlaufe meiner Darstellung auszuführenden Hypothese der Ursachen der Desorganisation des Körnerplasmas zu Grunde gelegt, und ich glaube diese folgerichtig aus den Beziehungen zwischen dem Volum der Zellen und den diesen entsprechenden Zuständen des Körnerplasmas entwickeln zu können. So habe ich die ganze Frage, der Ursachen der Desorganisation und der Resistenz des Körnerplasmas im Gewebeverbande befindlicher Zellen darauf hinausgetrieben, dass ich untersuchte, ob in Hinsicht der Bedingungen, unter denen eine Volumvergrösserung der Zellen, und die Desorganisation des Körnerplasmas thatsächlich erfolgen, ein derartiger Parallelismus besteht, dass aus diesem ein Causalzusammenhang hergestellt werden kann.

Dies war der Weg, welchen ich bei der Behandlung der einschlägigen Fragen befolgte. Es sei mir gestattet, hier als vorläufige Mittheilung einzuschalten, dass alle durch die Organisation der Erbse bedingten Einrichtungen mechanischer Natur, die eine weitergehende Wasseraufnahme im Körnerplasma zu verhindern vermögen, darauf beruhen, dass unter den aus dem Gewebeverbande resultirenden Bedingungen, das Volum der einzelnen Reservestoffbehälter, während der Quellung und beim Beginne der Keimung, von dem Zeitpunkte an, in welchem die Differenzirung des Körnerplasmas bereits vorhanden ist, keiner weiteren Vergrösserung mehr fähig ist.

Ich will hier noch Einiges über die Wirkungsweise der concentrirten Essigsäure auf das Körnerplasma lufttrockener Samen von *Paeonia peregrina, officinalis, Lupinus luteus* und *Allium obliquum* notiren.

Der Effect ist in allen diesen Fällen derselbe und ich glaube in der concentrirten Essigsäure, wo es auf das Studium der

Differenzirungszustände des Körnerplasmas jedweder Kategorie von Samen ankommt, ein Mittel gefunden zu haben, welches einer ausgedehnten Anwendung fähig ist.

Die wahrnehmbaren Veränderungen beschränken sich in allen von mir speciell beobachteten Fällen nur auf die auch im Körnerplasma der Erbse zu Stande kommende Umkehrung der ursprünglichen Lichtbrechungsverhältnisse. Es erscheint daher das Körnerplasma in Essigsäure-Präparaten der angegebenen Samen, mit Ausnahme desjenigen von *Allium obliquum*, aus polyedrischen Kammern zusammengesetzt, deren Wände wieder den gar nicht oder doch nur wenig veränderten Lamellen entsprechen.

Nur das lufttrockene Körnerplasma der Samen von *Allium obliquum* verhält sich etwas abweichend in letzterer Hinsicht. Man erblickt in diesem Falle im Körnerplasma, an Stelle der polyedrischen Kammern kugelige, schwach lichtbrechende Hohlräume, dass man fast glauben könnte, ein durch Vacuolen schaumig gewordenes Körnerplasma vor sich zu haben.

Eine Lösung der Aleuronkörner findet hiebei nicht statt; es gelingt durch nachträgliches Zerreissen der Präparate aus den Kammern die substanzarmen, weiter nicht veränderungsfähigen Skelette der früheren Aleuronkörner in Menge zu isoliren.

Gegen Wasser verhält sich das Körnerplasma der angegebenen Samen nach der Behandlung mit Essigsäure ebenso indifferent wie das der Erbse.

Die Frage über die Natur der Stoffe, die den Aleuronkörnern durch die Essigsäure in so hohem Grade entzogen werden, will ich mit dem Hinweise auf die bekannte Löslichkeit der, der Caseïngruppe angehörigen Proteinstoffe, in concentrirter Essigsäure bewenden. Mit Rücksicht auf diese Eigenschaft der wesentlichen Componenten der Aleuronkörner dürfte die Annahme, dass der Substanzverlust der Aleuronkörner unter den angegebenen Verhältnissen durch die Anwesenheit derartiger Proteinstoffe bedingt sei, wohl zulässlich sein. — Die mikrochemischen Eigenschaften der Residuen habe ich nicht näher untersucht. Ich kann in dieser Beziehung nur so viel angeben, dass der in Essigsäure unlösliche Rückstand der Aleuronkörner sich mit Jodtinktur braun färbt.

Für das Studium des Verhaltens der Aleuronkörner bei der Quellung der Samen, sind natürlich die Aleuronkörner von *Lupinus luteus*, ihrer bedeutenden Grösse wegen, sehr günstige Objecte. Die in dieser Beziehung mit den Samen von *Lupinus luteus* erhaltenen Resultate sind mit den bereits besprochenen, die Erbse betreffenden, durchaus übereinstimmend und ein weiterer Beleg für die Richtigkeit der Anschauung, dass die durch Wasseraufnahme in den Aleuronkörnern eines Schnittes bewirkten Veränderungen, nicht als Massstab angesehen werden dürfen, nachdem das Verhalten der Aleuronkörner während des Quellungsactes zu beurtheilen wäre. Das Unrichtige dieser übrigens sehr nahe liegenden Schlussfolgerung ergibt sich auch aus den Untersuchungen Pfeffer's, über das Verhalten dieser Aleuronkörner gegen Wasser und ihrer Veränderungen, während der Quellung des Samens, nur hat Pfeffer diese Thatsache, die doch kaum mit seinen bekannten Anschauungen über die Ursachen der Veränderungen der Aleuronkörner bei Wasserzutritt in Einklang gebracht werden kann, nicht weiter beachtet.

„Von den in Wasser unlöslichen, bis zu den vollkommen löslichen Proteinkörnern“, sagt Pfeffer, „finden sich alle Zwischenstufen bei verschiedenen Pflanzen vor und von dem Quantum der Proteinstoffe, welches an Wasser abgegeben wird, hängt nun das Aussehen der Proteinkörner ab, wird wenig weggelöst, so werden dieselben meist nur körnig, bei grösserem Substanzverlust treten aber auch Vacuolen auf. Die Samen von *Lupinus*-Arten . . . . seien als Beispiele solcher genannt, deren Proteinkörner in Wasser theilweise löslich sind.“ [1] Man sollte nun meinen, dass die Aleuronkörner von *Lupinus*-Arten durch Quellung des Samens — da ja diese von einem osmotischen Austritt der Proteinstoffe begleitet wird — gerade so verändert werden, wie die eines Schnittes durch die Wassereinwirkung am Objectträger. Wenn unsere Vorstellungen, über das Verhalten der Aleuronkörner bei der Quellung der Samen, nur aus den Veränderungen, die dieselben unter angegebenen Verhältnissen erleiden, abzuleiten wären, so müsste angenommen werden, dass

[1] Jahrb. f. wiss. Botanik. VIII. p. 447.

die Aleuronkörner der *Lupinus*-Arten sich nach der Quellung zum Wenigsten in einem körnigen Zustande befinden.

Die Veränderungen, welche das Plasma beim Keimen erleidet, beruhen nach Pfeffer darauf, dass die Proteinkörner aufgelöst werden, wodurch in den Zellen eine ähnliche trübe Emulsion gebildet wird, wie sie der Entstehung der krystalloidfreien Proteinkörner vorausging. Specieller werden diese Veränderungen von Pfeffer, auch für *Lupinus luteus* beschrieben und es nehmen die Aleuronkörner nach der Darstellung von Pfeffer bei der mit Aufquellen verbundenen Wassereinsaugung die zähflüssige Beschaffenheit an, welche dieselben vor dem Austrocknen besassen. Eine weitere als den Aggregatzustand betreffende Veränderung wird von Pfeffer nicht angegeben, und dass Pfeffer die Aleuronkörner in diesem die Keimung einleitenden Stadium, wirklich als homogene Körper gesehen hat, ergibt sich zur Genüge aus einer Figur der citirten Abhandlung,[1] auf welche Pfeffer im Texte ausdrücklich hinweist. — Dieses Verhalten der Aleuronkörner im Quellungsstadium wurde durch die Untersuchung in absolutem Alkohol entwässerter, zuvor gequollener Lupinen, ausser Zweifel gestellt, und es ergab sich aus der Untersuchung des derartig vorbereiteten Materiales in Alkohol, dass die meisten Aleuronkörner der entwässerten Cotyledonen mit den Aleuronkörnern trockener Samen, die in derselben Flüssigkeit untersucht werden, in Betreff der Homogenität der Masse vollkommen übereinstimmen. In manchen Zellen erscheinen jedoch neben diesen augenscheinlich unveränderten Aleuronkörnern solche, deren stark lichtbrechende Masse von eigenthümlichen Hohlräumen durchsetzt ist. Die Gestalt der Letzteren ist sehr wechselnd, und zwar besitzen einige kreisrunde, andere polygonale Conturen, ja manche erscheinen sogar als feine Spalten. Man könnte nun geneigt sein, derartige Aleuronkörner als solche anzusehen, die durch den Quellungsact eine deutlich wahrnehmbare Veränderung ihrer Substanz erlitten haben. Dagegen spricht aber zunächst die so wechselnde Gestalt der Hohlräume, von denen die meisten nicht die geringste Ähnlichkeit mit Vacuolen besitzen, die in den Aleuronkörnern zum Vorschein kommen, wenn die

[1] L. c. S. 525 und Taf. XXXVIII. Fig. 16.

Desorganisation derselben bereits begonnen hat. Ferner ist noch zu berücksichtigen, dass die Substanz eines desorganisirten, kleine, punktförmige, kugelige Vacuolen enthaltenden Aleuronkornes gleichzeitig mit dem Auftreten der Vacuolen körnig wird. Die Veränderungen, welche das Aleuronkorn von *Lupinus luteus* durch die beginnende Desorganisation erleidet, beschränken sich jedoch keineswegs auf das Erscheinen der Körnchen und Vacuolen, es ergibt sich vielmehr aus dem bedeutend verringerten Lichtbrechungsvermögen der die Körnchen und Vacuolen einschliessenden Grundmasse, dass der Letzteren ein sehr bedeutender Theil der ursprünglich in derselben vorhandenen Stoffe durch Auflösung entzogen wurde. Die von Hohlräumen durchsetzte Proteinmasse gequollener, durch Alkohol entwässerten Aleuronkörner lässt nun nicht die geringste Andeutung einer körnigen Beschaffenheit erkennen, sie besitzt überdies dieselbe Dichte, wie die Proteinmasse eines Aleuronkornes, in welchem sich die ersten Anzeichen der beginnenden Desorganisation noch nicht bemerkbar gemacht haben. Aus diesem Grunde wäre die Schlussfolgerung, dass die Aleuronkörner während der Quellung eine ungleiche Resistenzfähigkeit gegen die Einwirkung des Wassers besitzen, und dass einige derselben durch die Wasseraufnahme analoge Veränderungen erleiden, wie solche, die unter gewissen Bedingungen desorganisirt werden, absolut unzulässig und es muss das Erscheinen der Hohlräume in Aleuronkörnern des entwässerten Untersuchungsmaterials auf Ursachen ganz differenter Natur zurückgeführt werden. Für die Erklärung der Letzteren gewährt das Verhalten der, von dem Hüllhäutchen eingeschlossenen Proteinmasse der Aleuronkörner bei der Wasserentziehung einen Anhaltspunkt. Ich beobachtete nämlich sehr häufig, dass viele der inneren Hohlräume entbehrende Aleuronkörner, vorher gequollener Samen, durch die Einwirkung des Alkohols nicht auf allen Punkten ihrer Masse die gleiche Volumveränderung erfahren, aus welchem Grunde die Proteinmasse des Aleuronkornes, nach der Entwässerung, von dem Hüllhäutchen stellenweise zurücktritt — ein Verhalten, welches doch kaum anders erklärt werden kann, als durch eine auf den einzelnen Punkten ungleichmässig erfolgende Schrumpfung, welche die Bildung, von dem Untersuchungsmedium erfüllter Hohlräume,

zwischen dem Hüllhäutchen und der Proteinmasse zur Folge hat. Wird dem Alkohol, in welchem sich das Präparat mit veränderten Aleuronkörnern befindet, eine minimale Menge von Wasser zugesetzt, so kehren die stellenweise contrahirten Aleuronkörner sofort zu ihrer normalen Gestalt zurück, was auch bei solchen der Fall ist, bei denen die Entwässerung das Erscheinen von Sprüngen in der inneren Masse zur Folge hatte. Daraus wäre nun zu schliessen, dass wir es in dem einen wie in dem anderen Falle. mit Contractionserscheinungen zu thun haben, die mit der Einwirkung des Alkohols in Zusammenhang gebracht werden müssen.

Werden die Schnitte aus Cotyledonen von *Lupinus luteus*, die nach der Quellung im absoluten Alkohol entwässert wurden, in Glycerin oder weniger concentrirtem Alkohol zum Zwecke der Untersuchung eingelegt, so machen sich die erwähnten Hohlräume in der Masse der Aleuronkörner nicht bemerkbar; dafür besitzt aber das Protoplasma, namentlich dann, wenn die Einwirkung des Alkohols zum Behufe der Entwässerung der Cotyledonen durch eine längere Zeit andauerte, auf manchen Punkten der Präparate ein Aussehen, welches nur geringe Ähnlichkeit mit dem Zustande normaler Differenzirung zeigt. In diesen Fällen ist innerhalb grösserer oder kleinerer Partien des Plasmas von einer Grundsubstanz nicht das Geringste wahrzunehmen, und es haben diese Stellen ein Aussehen, als wäre eine wechselnde Anzahl der ursprünglich vorhanden gewesenen Aleuronkörner, während des Aufquellens des Samens, zu grösseren, aus hyaliner Substanz von ungeänderter Dichte bestehenden Klumpen verschmolzen. Dies ist auch thatsächlich der Fall, indem diese Gebilde, welche Aleuronkörnern von riesigen Dimensionen ähnlich sind, oft eine Felderung erkennen lassen, die der ursprünglichen Anordnung der Aleuronkörner entspricht. Diese localen Veränderungen des Plasmas dürfen jedoch ebenso wenig wie die Sprünge in entwässerten Aleuronkörnern, auf Rechnung einer während der Quellung erfolgten Wassereinwirkung gesetzt werden, da das Plasma diese Beschaffenheit nur dann besitzt, wenn die Untersuchung in den angegebenen wasserhaltigen Medien, welche übrigens noch weitere, mit der gänzlichen Desorganisation abschliessende Veränderungen bewirken, vorgenommen wird.

In letzterer Beziehung verhalten sich die grösseren durch Confluirung einer mehr oder weniger grossen Anzahl von Aleuronkörnern hervorgegangenen Klumpen analog mit einzelnen; es erscheinen kleine Vacuolen und Körnchen in diesen, wobei sich das ursprüngliche Lichtbrechungsvermögen der unverändert gebliebenen Grundmasse dieser Gebilde bedeutend verringert.

Die Frage nach den Ursachen dieser Abweichungen, die immer in sehr engen Grenzen eingeschlossen bleiben, will ich als eine offene dahingestellt sein lassen, da es mir vor der Hand doch nur in erster Linie darauf ankommen muss, auf Dinge aufmerksam zu machen, die zu einer anderen Deutung des Befundes führen könnten, wenn nicht die besonderen Umstände der Untersuchung in Betracht gezogen würden. — Für die Untersuchung entwässerter, vorher gequollener Samen von *Lupinus luteus* leistet neben absolutem Alkohol die concentrirte Essigsäure als Untersuchungsmedium die besten Dienste und es zeigen derartige Essigsäure-Präparate zur Evidenz, dass das Körnerplasma sämmtlicher Zellen sich während des Quellungsactes in einem durchaus unveränderten Zustand befindet. Und was ich besonders hervorheben muss, ist, dass in diesem Untersuchungsmedium sowohl die Bildung von Hohlräumen in Aleuronkörnern, als auch die locale Confluirung derselben unterbleibt.

Um jedoch eine Gewissheit zu verschaffen, dass die homogene Beschaffenheit der substanzarmen Aleuronkörner der Essigsäure-Präparate aus entwässerten Samen schon ursprünglich vorhanden war, und nicht erst aus der Einwirkung der Essigsäure auf möglicherweise vorher veränderte Aleuronkörner resultirte, legte ich Schnitte aus trockenen Samen, in welchen durch Einwirkung verdünnten Glycerins die Desorganisation der Aleuronkörner eingeleitet wurde, in grosse Quantitäten von concentrirter Essigsäure. Durch diese Behandlung verloren die in den ersten Stadien der Desorganisation befindlichen Aleuronkörner keineswegs ihre körnige Beschaffenheit, es war vielmehr dieselbe auch in den substanzarm gewordenen Aleuronkörnern mit Deutlichkeit wahrzunehmen und ich kann mit Sicherheit angeben, dass durch die Behandlung entwässerter Schnitte mit Essigsäure, bereits zu Stande gekommene Veränderungen, absolut nicht rückgängig gemacht werden können.

Desorganisirte Aleuronkörner von *Lupinus luteus* werden vacuolig und körnig, womit eine auffällige Verringerung des Lichtbrechungsvermögens der noch unveränderten Masse des Aleuronkornes verbunden ist. Mannigfaltiger gestaltet sich der Verlauf der Desorganisation bei den Aleuronkörnern der Erbse. In diesem Falle können, je nach dem Quellungszustande der Aleuronkörner, mehrere Desorganisationsgrade unterschieden werden.

Es soll hier zunächst auf das Verhalten isolirter und innerhalb geöffneter Zellen der Schnitte befindlicher Aleuronkörner, während der, mit Quellung verbundenen Desorganisation im dicken Glycerin, näher eingegangen werden.

Gleich bei Beginn der Quellung unterliegen die Aleuronkörner einer Gestaltsveränderung: sie erscheinen nun abgerundet, ja manche werden sogar genau kugelig. (Fig. 9.) Diese Veränderungen kommen durch eine sehr schwache Quellung zu Stande, da die ursprünglichen Lichtbrechungsverhältnisse augenscheinlich beibehalten werden; eine geringe Abschwächung derselben ist nur an den kugeligen Formen wahrnehmbar. Blaugrüne Aleuronkörner — mit welchen ich gewöhnlich operirte — zeigen auch nach der Abrundung die ursprüngliche Färbung, die erst nach einiger Zeit verloren geht.

Die weitern, auf Verringerung des Lichtbrechungsvermögens und Verlust der Färbung beruhenden Veränderungen ergreifen die abgerundeten Aleuronkörner nicht gleichzeitig auf allen Punkten ihrer Masse, sie beginnen vielmehr an der Peripherie, und schreiten von da in centripetaler Richtung gegen die innere Masse des Aleuronkornes fort.

Aus diesem Grunde besteht das Aleuronkorn während des Überganges in ein weiteres Desorganisationsstadium aus einer farblosen, schwach lichtbrechenden, peripherischen Schichte und einem allmälig sich verkleinerndem und schliesslich ganz verschwindendem Kern von der ursprünglichen Beschaffenheit der Masse des abgerundeten Aleuronkornes. (Fig. 10, 11.) Zwischen der Gestalt des Kernes und derjenigen des abgerundeten Aleuronkornes besteht nur so lange eine bestimmte Beziehung, als die peripherische Hülle der noch unveränderten Substanz eine geringe Mächtigkeit besitzt, später kann auch in kugeligen Aleuronkörnern die noch unveränderte Masse als ein stäbchen-

förmiges Gebilde erscheinen, welches vor dem gänzlichen Verschwinden wieder kugelig wird. Sind die Veränderungen des kugeligen Aleuronkornes sehr weit vorgeschritten, so besitzen die aus einem kleinen Kern und der hellen kreisförmig begrenzten Zone bestehenden Desorganisationsproducte das bekannte Aussehen des Querschnittes einer markhaltigen Nervenfaser.

Nach einiger Zeit erscheint in den abgerundeten farblosen schwach lichtbrechenden Aleuronkörnern eine grosse Vacuole. (Fig. 12.)

Die noch unverändert gebliebene Substanz des Aleuronkornes ist, wenigstens anfänglich gleichmässig auf der Oberfläche der Vacuole vertheilt.

Indessen haben bereits tiefeingreifende Veränderungen in der Grundsubstanz stattgefunden; sie ist nun vollständig gelockert, so dass die schwächste Strömung im Untersuchungsmedium, die Isolirung bisher in Gruppen vereinigt gewesener Aleuronkörner bewirkt. Ihrer Bewegung setzt die nun deutlich als körniger Detritus wahrnehmbare Grundsubstanz keinen grösseren Widerstand entgegen, als das dickflüssige Untersuchungsmedium. Man sieht daher auch innerhalb der körnigen Grundsubstanz nach schwacher Erschütterung des Deckgläschens ganze Züge bläschenförmiger Aleuronkörner dahinrollen. Von diesem Zeitpunkte an ist es fast unmöglich, wenn bei starker Vergrösserung beobachtet wird, einzelne Aleuronkörner durch längere Zeit im Gesichtsfeld zu erhalten.

Die schwach lichtbrechende Vacuolenflüssigkeit enthält deutlich wahrnehmbare Körnchen, deren stoffliche Natur mir nicht bekannt ist.

Die Lichtbrechungsverhältnisse der peripherischen Masse gestatten nicht direct zu entscheiden, ob auf der Oberfläche des desorganisirten Aleuronkornes das Hüllhäutchen vorhanden sei, dies wird erst nach weiteren mit einer höchst merkwürdigen Umbildung der Aleuronkörner abschliessenden Veränderungen möglich.

Die peripherische Masse, welche als Schichte von gleicher Mächtigkeit auf allen Punkten der Vacuole aufgelagert ist, vermag der osmotischen Spannung der Vacuolenflüssigkeit nur bis zu einem gewissen Zeitpunkt das Gleichgewicht zu halten; sie

wird schliesslich in Folge der Dehnung eingerissen. Ist dies erfolgt, so zieht sich die Hüllmasse der Vacuole entweder zu einem Faden zusammen, oder sie erscheint im contrahirten Zustand der, gegen die Peripherie des Bläschens gedrängten Vacuole, als mondsichelförmige Kappe einseitig angelagert. (Fig. 13.) Dabei ist aber auch das Hüllhäutchen als eine faden- oder mondsichelförmige Gebilde einschliessende Blase sichtbar geworden.

Für dieses Verhalten der bläschenartig gewordenen Aleuronkörner können nur massgebend sein: 1. die osmotischen Eigenschaften der Vacuolenflüssigkeit unter den gegebenen Bedingungen; 2. die Impermeabilität der die Vacuole einschliessenden Hüllen für die wasseranziehenden in der Vacuolenflüssigkeit gelösten Stoffe. In letzterer Beziehung können nur das, vor dem Zerreissen der peripherischen Masse direct nicht sichtbare Hüllhäutchen und diese selbst in Betracht kommen. — Diese zwei Möglichkeiten sind nun näher zu prüfen und dafür gewährt das Verhalten des Bläschens nach dem Zerreissen, der als Beleg des Hüllhäutchens auftretenden Masse des Aleuronkornes, einen Anhaltspunkt von entscheidender Wichtigkeit. Dies ist eine von mir mehrfach beobachtete auffällige Contraction des Bläschens nach dem Erscheinen der Sicheln oder Fäden — ein Verhalten, welches nur so erklärt werden kann, dass nach dem Zerreissen des Beleges, eine Verminderung des hydrostatischen Druckes im Bläschen erfolgt. Es muss aber weiter mit Rücksicht darauf gefolgert werden, dass das Hinderniss für den osmotischen Austritt der in der Vacuolenflüssigkeit gelösten Stoffe nicht in das Hüllhäutchen verlegt ist, dass vielmehr der peripherische Beleg, sei es durch den physikalischen Aufbau seiner ganzen Masse oder einzelnen Schichten, die den „Plasmamembranen" Pfeffers[1] entsprechen würden, für das Zustandekommen der früheren Druckverhältnisse massgebend ist. Durch das Zerreissen des diosmotisch bestimmenden Beleges wird nun, wie sich aus dem Mitgetheilten ergibt, mit Rücksicht auf den Spannungszustand des Hüllhäutchens ein ähnliches Resultat herbeigeführt, wie durch die von H. de Vries[2] als „Plasmolyse" bezeich-

[1] Osmotische Untersuchungen p. 122, *ff.*

[2] Untersuchungen über die mechanischen Ursachen der Zellstreckung, p. 7 *ff.*

nete Contraction des plasmatischen Wandbeleges wachsender Zellen, in Hinsicht der Zellmembranen. Unter diesem Gesichtspunkte ist die Volumverminderung des Bläschens durch die Permeabilität des Hüllhäutchens für die in der Vacuolenflüssigkeit gelösten Stoffe, ferner durch die elastische Contraction desselben zu erklären.

Es muss folgerichtig angenommen werden, dass durch die elastische Rückwirkung des Hüllhäutchens auf die Vacuolenflüssigkeit, während der Contraction aus den Lumen des Bläschens Flüssigkeit herausgepresst wird.

Das Hüllhäutchen wird nach Zerreissung seines Beleges, wie ich vermuthe. aufgelöst, denn ich sehe auf einmal die Fäden hervorschnellen, resp. die Sicheln frei werden, den körnigen Gehalt der Vacuole sich in der umgebenden Flüssigkeit vertheilen und in dieser durch Lösung verschwinden, ohne dass von der Anwesenheit des Hüllhäutchens, welches sich doch in der Nähe der freigewordenen Desorganisationsproducte befinden müsste, das Geringste wahrzunehmen wäre. Ich habe wenigstens nie durch die Inhaltskörper abgestreifte Hüllhäutchen auffinden können. Die entlassenen Fäden und Sicheln — die auch in der bekannten Figur des Lehrbuches von Sachs abgebildet sind — strecken sich während der Quellung ihrer Substanz, wobei ihre ursprüngliche Krümmung zum Theile ausgeglichen wird; dies gilt insbesondere von den sichelförmigen Körpern, die nach einiger Zeit die Gestalt von Spindeln erlangen.[1] Die Fig. 13 soll die muthmasslich durch Auflösung des Hüllhäutchens frei gewordenen Desorganisationsproducte der Aleuronkörner illustriren.

Für die Desorganisationsproducte der Aleuronkörner unseres Objectes sind als weitere Veränderungen zu notiren: Ein allmäliges Verblassen und der Zerfall in einen körnigen Detritus, welcher nach einiger Zeit durch Auflösung im Untersuchungsmedium fortgeschafft wird. Die Aleuronkörner sind somit in Wasser vollkommen löslich.

[1] In der mittleren Zelle der Figur von Sachs, auf welche im Text hingewiesen wurde, ist im oberen Theile derselben ein Aleuronkorn abgebildet, dessen Desorganisationszustand demjenigen entspricht, den meine Fig. 10 versinnlichen soll. Sachs hat also auch die, noch vom Hüllhäutchen eingeschlossenen, kipfelartigen Gebilde bereits gesehen.

Es ist eine gewiss überraschende Thatsache, dass die für die Einwirkung des Wassers in so hohem Grade empfindlichen Aleuronkörner, bei der Quellung im Gewebeverbande befindlicher Zellen der Einwirkung des deformirenden Agens einen Widerstand entgegensetzen, welcher das Bestehen ursprünglich vorhandener Organisationsverhältnisse des Körnerplasmas auch im wasserimbibirten Zustand des letzteren ermöglicht. Dies bezieht sich nicht nur auf das Plasma der Samen von *Lupinus luteus*, dessen Aleuronkörner Pfeffer als theilweise löslich im Wasser bezeichnet, sondern auch, wie ich bereits früher zu zeigen Gelegenheit hatte, auf dasjenige der Erbse, dessen Aleuronkörner der Kategorie der leichtlöslichen zugezählt werden müssten.

Bekanntlich gelangte Pfeffer zur Schlussfolgerung,[1] dass die Lösung der Aleuronkörner durch Vermittlung der in denselben vorhandenen lösenden Vehikel zu Stande komme.

Zu dieser Schlussfolgerung wurde Pfeffer einerseits durch die Erwägung geführt, dass Samen, der Caseingruppe angehörige Eiweissstoffe, die einer in Wasser so gut wie unlöslichen Modification der letzteren angehören und auch hauptsächlich zum Aufbaue der Aleuronkörner verwendet werden, bei der Quellung in Wasser in nicht unbeträchtlicher Menge abgeben — ein Verhalten, welches allerdings ohne die Mitwirkung lösender Agentien nicht zu erklären ist. Anderseits glaubt Pfeffer die Thatsache, dass ganz oder zum Theile lösliche Aleuronkörner, die mit schwefelsäurehaltigem Alkohol behandelt wurden, von Wasser nicht angegriffen werden und dem desorganisirenden Medium widerstehen, dahin deuten zu müssen, dass durch die angegebene Behandlung, die die Lösung vermittelnden Stoffe entfernt oder wenigstens unschädlich gemacht wurden. Und dass Pfeffer, die die Lösung der Proteinkörner bewirkenden Stoffe — phosphorsaures Kali und Kali — in den letzteren als bereits vorhanden annimmt, ergibt sich auch auf das Bestimmteste aus einer Stelle der citirten Abhandlung, wo es heisst, dass die Verschiedenheit der Löslichkeit von Proteinkörnern solcher Samen, welche sicher kein Albumin enthalten, von dem ungleichen Vorrath an phosphorsaurem Kali und Kali abhänge. — Dieser

[1] L. c. S. 492

Auffassung, durch welche die unter gewissen Umständen erfolgende Desorganisation der Aleuronkörner einzig und allein mit der Anwesenheit lösender Vehikel der Reserveproteinstoffe in causalen Zusammenhang gebracht wird, muss ich mit Rücksicht auf das erwähnte Verhalten der Aleuronkörner der Erbse auf das Entschiedenste entgegentreten.

Wir wollen einmal, um die Theorie Pfeffers mit specieller Rücksicht auf die für die Aleuronkörner der Erbse dargestellten Verhältnisse während der Quellung und beim Beginne der Keimung, an ihren Consequenzen prüfen zu können, die Richtigkeit derselben annehmen und untersuchen, ob sich aus derselben eine lückenlose Causalfolge, zwischen den Bedingungen, unter denen die Desorganisation erfolgt, und dem Verhalten der Aleuronkörner ableiten lässt.

Nach der Auffassung von Pfeffer enthält das Aleuronkorn die Vehikel der Desorganisation in seiner Substanz und es muss daher die Wasserimbition allein genügen, um die Wirkung der betreffenden Agentien auszulösen.

Wäre dies richtig, so müsste das Aleuronkorn unter allen Umständen nach der Wasserimbition, den durch seine Löslichkeitsverhältnisse bedingten Veränderungen unterliegen, unabhängig davon, ob die Wasserimbition derselben im isolirten Zustande oder innerhalb des Körnerplasmas im ursprünglichen Gewebeverbande befindlicher Zellen erfolgen würde. Auch könnte im letzteren Falle der Gewebeverband den Verlauf der Desorganisation nicht einmal modificiren und noch weniger der letzteren entgegenwirken, da ja während der Quellung ganzer Erbsen ein osmotischer Austritt gelöster Proteinstoffe stattfindet. Der aus der Untersuchung gequollener Erbsen sich ergebende Befund, ist jedoch nichts weniger als geeignet, die Schlussfolgerung, dass die Wasseraufnahme unter allen Verhältnissen Veränderungen an den Aleuronkörnern bewirkt auch nur einigermassen wahrscheinlich zu machen; wir wissen bereits, dass das Aleuronkorn nach der Quellung sich als ein mit Wasser imbibirtes Differenzirungsproduct des Protoplasmas durch längere Zeit unverändert erhalten kann — es befindet sich in demselben Zustande, wie der Zellkern oder ein Chlorophylkorn lebensthätiger Zellen.

Der osmotische Verlust an Reserveproteinstoffen geht während der Quellung an den Aleuronkörnern der Erbse spurlos vorüber; sie verhalten sich im vollständig wassergesättigten Zustande des Gewebes, als unveränderliche Gebilde. Und doch sind sie im isolirten Zustande der Einwirkung von Wasser unterworfen, in diesem vollkommen löslich, nachdem sie eine Reihe von Desorganisationsgraden durchlaufen haben.

Wir wissen aber auch bereits, dass die Aufhebung des Gewebeverbandes, in den durch diesen Eingriff zunächst getroffenen Zellen die Zerstörung der Structur der Aleuronkörner zur Folge hat, die sich bis daher, trotz der Anwesenheit von Wasser in diesen als unveränderliche Gebilde verhielten. Damit ist zunächst erwiesen, dass die Aleuronkörner durch die Quellung des ganzen Samens, in Hinsicht des Verhaltens gegen Wasser keinerlei Veränderung erfahren und es müsste, wenn zwischen der Veränderungsfähigkeit und der Anwesenheit lösender Vehikel ein directer Zusammenhang bestehen würde, folgerichtig angenommen werden, dass die, die Lösung bewirkenden Stoffe den Aleuronkörnern durch die Quellung nicht entzogen werden. Dies würde aber zur Schlussfolgerung führen, dass ein auf Aufhebung des ursprünglichen Gewebeverbandes beruhender mechanischer Eingriff hinreicht, um auf einmal die lösende Wirkung der bis daher unthätig gewesenen Vehikel auszulösen. So müsste eine den Prämissen der Theorie Pfeffer's angepasste Schlussfolgerung lauten, die aber mit der Thatsache in Widerspruch geräth, dass dieselben lösenden Vehikel bereits im Quellungsacte, an der Auflösung der osmotisch austretenden Reserveproteinstoffe sich betheiligt haben.

Dass die Aleuronkörner der Erbse in Wasser gelöst werden, ist eine Thatsache, die keiner weiteren Erklärung bedarf, ich kann nur der von Pfeffer vertretenen Auffassung nicht beistimmen, dass die Löslichkeitsverhältnisse allein für den Verlauf der Desorganisation massgebend sein sollen. Mit Rücksicht auf das Verhalten der Aleuronkörner unseres Objectes muss sogar die Unterscheidung zwischen in Wasser löslichen und unlöslichen als eine hinfällige bezeichnet werden.

Es geht aber aus Allem zur Evidenz hervor, dass, obwohl die Bedingungen, unter denen eine Lösung erfolgt, mit denjenigen zusammenfallen, unter denen eine Desorganisation der Aleuronkörner thatsächlich stattfindet, ein ursächlicher Zusammenhang zwischen diesen Erscheinungen in dem Sinne der Theorie Pfeffer's nicht bestehen kann. Wir müssen einem Erklärungsversuch, welcher allen Eigenthümlichkeiten des Verhaltens der Aleuronkörner der Erbse Rechnung tragen soll, eine von der Theorie Pfeffers wesentlich verschiedene Verknüpfung von Ursache und Wirkung zu Grunde legen und diese, vorläufig nur mit specieller Einschränkung auf unser Object dahin modificiren, dass die Desorganisation nicht als Folge, sondern als Ursache der mit gänzlicher Lösung abschliessenden Veränderungen aufzufassen sei. Mit anderen Worten kurz ausgedrückt, könnten wir sagen: Die Aleuronkörner werden erst durch die Desorganisation der Auflösung zugeführt.

Man könnte mir jedoch als Argument gegen die Richtigkeit dieser Auffassung entgegenhalten, dass mit schwefelsäurehaltigem Alkohol behandelte Aleuronkörner der Erbse, die jedenfalls die, die Lösung bewirkenden Stoffe nicht enthalten, auch die Fähigkeit sich zu verändern nicht besitzen, da sie durch diese Behandlung unlöslich geworden sind. Dieses Argument ist aber nicht stichhältig, da die Veränderungen, welche die Aleuronkörner durch diese Behandlung erleiden, sich nicht allein auf den Verlust der lösenden Vehikel beschränken. Ich kann das hier einschlägige Detail erst im Zusammenhange mit anderen Beobachtungen, die im zweiten Theile meiner Untersuchung über das Protoplasma der Erbse behandelt werden sollen, näher besprechen. Ich will jedoch in Betreff des letzten Punktes hier die vorläufige Mittheilung einschalten, dass die Aleuronkörner der Erbse durch Entziehung der lösenden Vehikel, möge dies auf die eine oder andere Weise bewerkstelligt werden, in einem jeden Falle durch Alkohol in den geronnenen Zustand überführt werden. Sie verhalten sich dann gegen Wasser allerdings als vollkommen indifferente Gebilde. So ist auch der veränderte Zustand, der mit

dem Pfeffer'schen Gemische behandelten Aleuronkörner, aus der Wirkung beider Componenten zusammengesetzt.

Bis zu einem gewissen Punkte übereinstimmend mit dem angegebenen Verhalten, einzelner, in dem Untersuchungsmedium frei liegender Aleuronkörner, sind die Veränderungen, welche das Körnerplasma geschlossener Zellen durch die länger andauernde Einwirkung des concentrirten Glycerins erleidet. In diesem Falle unterbleiben jedoch, nach erfolgter Abrundung der Aleuronkörner, die auf Abschwächung des Lichtbrechungsvermögens beruhenden, centripetal fortschreitenden Veränderungen. Nach einiger Zeit verschmelzen nun die peripherischen Rindenschichten der bereits vacuolisirten Aleuronkörner mit den Lamellen der Grundsubstanz zu einer vollkommen homogenen Masse, in welcher sich die Vacuolen der einzelnen Aleuronkörner durch lange Zeit unverändert erhalten. Aus diesem Grunde erscheint das Verschmelzungsproduct der Lamellen, mit den unveränderten Rindenschichten der ausgehöhlten Aleuronkörner, als eine schaumige Masse, deren Vacuolen ursprünglich Aleuronkörnern angehörten.

Am leichtesten lässt sich dieses Verhalten der Lamellen und der Aleuronkörner in solchen Zellen beobachten, welche an einem oder mehreren Punkten, unter ihrer, bei der mikroskopischen Beobachtung oberen Wand, von der letzteren nur durch eine Aleuronkörnerschichte getrennte Stärkekörner enthalten. Diese vor der Desorganisation das Aussehen eines Getäfels besitzende Schicht, erscheint in einem bestimmten Stadium der Desorganisation, als ein Netz, dessen Maschen den Vacuolen der verschwundenen Aleuronkörner entsprechen. Die homogene, stark lichtbrechende, vacuolisirte Masse, an deren Bildung sich die Lamellen und Aleuronkörner betheiligen, besitzt jedenfalls die Consistenz einer gallertartigen Substanz, da innerhalb dieser benachbarte Vacuolen häufig zu grösseren verschmelzen.

In diesem Zustande der Vacuolisirung erhält sich das Körnerplasma durch längere Zeit unverändert. — Die weiteren, sichtbaren Effecte der Desorganisation geben sich nun dadurch zu erkennen, dass die erwähnte hyaline Masse eine körnige Beschaffenheit erlangt, während sich gleichzeitig das Lichtbrechungsvermögen derselben verringert und die Vacuolen oft ganz

verschwinden. Bei länger andauernder Einwirkung des Wassers erlangt in manchen Fällen das nun ganz veränderte Körnerplasma entweder in seiner ganzen Masse oder nur stellenweise eine hyaline Beschaffenheit. Damit ist der höchste Grad der Desorganisation erreicht, da nun jede Andeutung des ursprünglichen differenzirten Zustandes verwischt ist.

Aus Ursachen, auf deren Erörterung in der zweiten Abhandlung näher eingegangen werden soll, gelangt die Desorganisation in geschlossenen Zellen, nachdem sie einen bestimmten Grad erreicht hat, oft zum Stillstand, nicht früher jedoch, als nach dem Erscheinen der grossen Vacuolen in den abgerundeten Aleuronkörnern. Dies kann man leicht in Zellen direct in Wasser gebrachter, recht dicker Schnitte, die viel unverletzte Zellen enthalten, wahrnehmen. Zellen derartiger Präparate enthalten theils vacuolisirte Aleuronkörner, theils das emulsionsartige vollständig desorganisirte Körnerplasma.

Dieser durch die Einwirkung des Wassers auf das Körnerplasma unverwundeter, in Schnitten befindlicher Zellen hervorgerufene Zustand unvollständiger Desorganisation wird selbst nach tagelangem Einwirken des Wassers nicht überschritten. Werden jedoch durch langandauernde Wassereinwirkung erschöpfte, in ihrem Körnerplasma vacuolisirte Aleuronkörner enthaltende Zellen, nachträglich geöffnet, so erfolgt eine weitere Desorganisation, durch die eine neue Reihe von Desorganisationsgraden durchlaufen wird, die, ohne sich den bereits stattgehabten Veränderungen anzuschliessen, einen specifisch differenten Charakter annehmen.

Aus diesen nachträglich erfolgenden Veränderungen vacuolisirter Aleuronkörner wird sich, was später genauer besprochen werden soll, mit Gewissheit ergeben, so paradox es auch für jetzt scheinen muss, dass vacuolisirte Aleuronkörner der Erbse die selbst im concentrirtesten Glycerin frei herumschwimmend, Veränderungen, die mit ihrem gänzlichen Zerfalle abschliessen, unterliegen, durch die Einwirkung von Wasser, die aber unter bestimmten Verhältnissen erfolgen muss, sogar an Resistenz gegen die so energisch desorganisirende Wirkung desselben im reinen Zustande gewinnen.

Zum Schlusse dieser Abhandlung sollen hier zunächst einige Angaben über das Verhalten des trockenen Körnerplasmas gegen Salzlösungen Platz finden.

Die Erhaltung der Strukturverhältnisse des Körnerplasmas, in Zellen mit Wasser imbibirter Schnitte und ausserhalb derselben, in der Zusatzflüssigkeit freiliegender Theile, setzt voraus, dass sich der Wassergehalt des Körnerplasmas nicht über das durch seine Organisationsverhältnisse bedingte Mass erhebe. Bei ungeändeter Imbitionsfähigkeit der Aleuronkörner, ist dies bei einem minimalen Gehalt der Glycerinlösung an Wasser nur für einen relativ kurzen Zeitraum möglich, indem auch unter diesen Verhältnissen die so wenig ausgiebig scheinende Wasserzufuhr die Zerstörung der Aleuronkörner und in einem noch viel früheren Zeitpunkte, die der Lamellen bewirkt. Allerdings vollziehen sich die mit der Desorganisation abschliessenden Veränderungen so langsam, dass dieselben unter dem Mikroskop schrittweise verfolgt werden können, wesshalb die Anwendung des dicken Glycerins den zweifachen Vortheil gewährt, dass das Körnerplasma einerseits in seinem differenzirten wasserhaltigen Zustand der mikroskopischen Untersuchung zugänglich gemacht wird und dass andererseits, die Veränderungen in Folge sich steigernden Wassergehaltes in jedem Theile mit Leichtigkeit verfolgt werden können. Aus diesem Grunde kann die Wirkungsweise des Glycerins als eine retardirende bezeichnet werden.

Es war zum Voraus mit voller Bestimmtheit zu erwarten, dass eine ähnliche retardirte Desorganisation immer zu Stande komme, wenn die Imbitionskraft des Aleuronkornes gewissermassen erst mit der Kraft, mit welcher das Wasser in Lösungen durch die Molecüle fester Stoffe zurückgehalten wird, in Concurrenz treten muss, vorausgesetzt, dass die Imbition in einem Medium erfolgt, welches die physikalischen Eigenschaften der Aleuronkörner nicht zu verändern vermag.

Dies wurde durch einige Versuche, bei welchen dem Körnerplasma durch concentrirte Salzlösungen das zu seiner Differenzirung erforderliche Imbitionswasser zugeführt wurde, völlig bestätigt.

Zu diesen Versuchen dienten concentrirte Lösungen von Kochsalz, Salpeter, phosphorsaurem Natron und

Kali, welche stets im Zustande höchster Sättigung angewandt wurden, da die durch diese Lösungen im minder concentrirten Zustande eingeleitete Wasserimbition die sofortige Desorganisation des Körnerplasmas unausbleiblich zur Folge hat. In einer concentrirten Lösung von Kochsalz und Salpeter besitzt das Körnerplasma ein so wenig verändertes Aussehen, dass man fast glauben könnte, ein mit verdünntem Alkohol oder Glycerin behandeltes Präparat vor sich zu haben. Es tritt nämlich das Körnerplasma in den beiden genannten Salzlösungen sofort aus seinem undifferenzirten Zustand heraus, weshalb es unter diesen Verhältnissen nie gelingt — man kann sich mit der Beschickung des Präparates noch so sehr beeilt haben — den allmälig sich vollziehenden Übergang des Körnerplasmas in den differenzirten Zustand zu beobachten. Man erblickt vielmehr das Körnerplasma in einem Zustande, welcher sofort erkennen lässt, dass die Imbition sehr schnell über jenes Mass hinausgeht, welches dem normal differenzirten Körnerplasma unter der Einwirkung dicken Glycerins, selbst in einem viel späteren Zeitpunkte noch eigenthümlich ist. Die Veränderungen, welche das Körnerplasma kurze Zeit nach begonnener Einwirkung der beiden Salzlösungen erkennen lässt, betreffen in einem weniger hohen Grade die Aleuronkörner, als die Lamellen der offenbar aufgequollenen Grundsubstanz, welcher letzteren, innerhalb geschlossener Zellen viel grössere Zwischenräume entsprechen, als sie zwischen Aleuronkörnern im normal differenzirten Zustande des Körnerplasmas zu bemerken sind. In Zellen, welche durch den Schnitt geöffnet wurden, ist die Grundsubstanz im Zeitpunkte, in welchem die Präparate zur Untersuchung gelangen, bereits gänzlich weggelöst. Am wenigsten verändert erscheinen die Aleuronkörner; sie besitzen noch ihre den unveränderten Zustand kennzeichnenden polyedrischen Begrenzungen.

Durch Behandlung der Schnitte mit concentrirter Kochsalz oder Salpeterlösung werden auf allen Punkten der Präparate analoge Veränderungen hervorgerufen. Ein derartiges auf übereinstimmenden Veränderungen beruhendes Verhalten lassen die Protoplasmakörper eines Schnittes unter Einwirkung einer concentrirten Lösung von phosphorsaurem Kali oder Natron

nicht erkennen. So enthalten manche Zellen mit phosphorsaurem Natron behandelter Schnitte einen differenzirten Protoplasmakörper, während in anderen, an Stelle des zum grössten Theile veränderten Körnerplasmas ein körniger Detritus tritt, in welchem theils einzelne, theils kleine Gruppen noch in ursprünglichen Lagerungsverhältnissen befindlicher Aleuronkörner stecken.

Noch weiter gehende Ungleichheiten im Verhalten der Protoplasmakörper, sowohl einzelner Zellen, als auch einzelner Partien der ersteren, sind eine charakteristische Eigenthümlichkeit der, durch eine concentrirte Lösung von phosphorsaurem Kali zu Stande kommenden Veränderungen.

Bei Anwendung dieser Zusatzflüssigkeit erfolgt die Imbition der Zellhäute ausnahmslos viel rascher als die des Körnerplasmas. In dieser Hinsicht eilt die Zellhaut dem Körnerplasma in einem solchen Grade voraus, dass das letztere nach vollendeter Quellung der Zellhäute als strukturloser, die Stärkekörner einschliessender Klumpen erscheint, von dessen Oberfläche die Zellhaut weit absteht. Die auf Wasseraufnahme beruhenden Veränderungen vollziehen sich in dem, als strukturloser Klumpen zur Untersuchung gelangenden Körnerplasma, im Gegensatz zum Verhalten gegen die vorbenannten Lösungen äusserst langsam, wobei in Betreff der Zeitdauer, innerhalb welcher die Quellung und der durch dieselbe bedingte Gang innerer Differenzirung, bei einem bestimmten Punkte anlangt, für die einzelnen Partien eines jeden Plasmakörpers nicht unerhebliche Verschiedenheiten bestehen. Aus diesem Grunde besitzt das Körnerplasma, nachdem die Einwirkung der concentrirten Lösung etwa eine Stunde gedauert hat, ein höchst eigenthümliches Aussehen, was davon herrührt, dass wegen der auf einzelnen Punkten ungleichzeitig beginnenden und ungleichmässig fortschreitenden Quellung, strukturlose, mit bereits ganz oder nur andeutungsweise differenzirten, und selbst mit desorganisirten Partien, im bunten Wechsel innerhalb der Masse fast eines jeden Plasmakörpers auftreten. In derartigen Präparaten machen sich die Lamellen nie als helle Zwischenräume bemerkbar, sie erscheinen immer nur als dunkle Linien, durch welche die ursprüngliche hyaline Masse des Körnerplasmas entsprechend dem normal differenzirten Zustand, ein gefeldertes Aussehen

erhält. Weitere Veränderungen habe ich an der von der Zellhaut stets abgelösten Masse nie wahrnehmen können und ich vermuthe, dass die unter diesen Verhältnissen überhaupt zu Stande kommenden Veränderungen mit dem Übergange des Körnerplasmas in einen Zustand sehr unvollständiger Differenzirung abschliessen; ich habe wenigstens nach zweistündigem Liegen der Präparate in der concentrirten Lösung des Kalisalzes keine weitere Veränderung bemerken können. Für eine noch länger andauernde Einwirkung dieser Lösung habe ich keine Beobachtungen gesammelt.

Die Ursachen dieser, so manches Räthselhafte einschliessenden, Ungleichheiten im Verhalten des Körnerplasmas sind mir nicht bekannt.

Unter dem Einflusse aller genannten Salzlösungen findet die Auflösung der Aleuronkörner nicht früher statt, als bis sie sämmtliche Desorganisationsgrade, denen die Aleuronkörner auch im Glycerin unterliegen, durchlaufen haben. Höchst auffallend ist es hierbei, dass selbst die in der Salzlösung frei liegenden Aleuronkörner, an denen die Einwirkung des Untersuchungsmediums ganz unbeeinflusst von anderen Umständen erfolgt, zu sehr verschiedenen Zeiten durch die schneller oder langsame verlaufende Desorganisation ihrer Auflösung entgegengeführt werden. Und diese, in Betreff des Zeitpunktes der Lösung obwaltenden Differenzen sind der Grund, warum man im Gesichtsfeld immer noch, nachdem schon eine grössere Anzahl von Aleuronkörnern gelöst wurde, in verschiedenen Desorganisationsstadien befindliche und selbst fast gar nicht veränderte zu sehen bekommt.

Durch die Anwesenheit so heterogener Stoffe im Quellungswasser, wie es die angeführten Salze sind, wird somit die Einwirkung desselben in Nichts modificirt und es gelangen auch unter diesen Verhältnissen, wenigstens in den Fällen, wo die Desorganisation mit der Lösung abschliesst, die in der Organisation des Aleuronkornes begründeten Eigenthümlichkeiten seines Verhaltens gegen Wasser, ungestört zum Ausdrucke. Und auch in diesen Fällen zeigt der Verlauf der Desorganisation mit einer von Anfang an erfolgenden Lösung ebensowenig Ähnlich-

keit als eine derartige Deutung, die Desorganisation eines Zellkernes oder Chlorophyllkornes zulässt.

Phosphorsaure Alkalien sind bekanntlich specifische Lösungsmittel der, der Caseingruppe angehörigen, im organisirten Zustande als Aleuronkörner auftretenden Reserveproteinstoffe. — Für das innerhalb der Albuminmodification der Eiweissstoffe befindliche Protoplasma und seine unmittelbaren morphologischen Derivate hat bereits Sachs nachgewiesen, dass diese Bestandtheile des Inhaltes lebensthätiger Zellen durch hoch concentrirte Lösungen von Kali fast gar nicht verändert werden, während dieselbe Lösung im verdünnten Zustand die Quellung und Verflüssigung bewirkt. [1] Durchaus analog ist das Verhalten der Aleuronkörner der Erbse gegen Lösungsmittel, die sich in einem mehr oder weniger hohen Concentrationsgrad befinden.

Concentrirte Lösungen von phosphorsaurem Kali und Natron verändern die Aleuronkörner des uns beschäftigenden Samens nur nach Massgabe ihres Wassergehaltes. Ihren Einfluss als lösende Agentien können beide Salze nur in verdünnten Lösungen geltend machen.

Die Prüfung des Verhaltens der Aleuronkörner der Erbse gegen Lösungen dieser Salze wurde auf diese Weise vorgenommen, dass dem Glycerintropfen, nachdem das Körnerplasma trockener Schnitte in den differenzirten Zustand übergegangen war, eine minimale Menge fester Substanz dieser Salze zugesetzt wurde.

War das angewandte Glycerin hinlänglich eingedickt, so machten sich die, durch die lösende Wirkung genannter Salze zu Stande gekommenen Veränderungen, in der Regel viel rascher bemerkbar, als diejenigen der stetig fortschreitenden Wasserimbition. Sie geben sich durch das Erscheinen heller, sehr schwach lichtbrechender auf dem optischen Querschnitt gewöhnlich kreisförmig begrenzter Höfe zu erkennen, welche den noch nicht in Lösung übergegangenen Theil des Aleuronkornes einschliessen. Die Auflösung schreitet nun stetig in, mit Rücksicht auf das Aleuronkorn, centripetaler Richtung fort. Demzufolge

---

[1] Experimental-Physiologie d. Pflanzen, S. 311; ferner Lehrbuch der Botanik, IV. Auflage, S. 640.

lassen sich an dem allmälig in Lösung übergehenden Residuum, so lange dasselbe durch seine Grösse dem Einblicke in seine Form nicht Schranken auferlegt, noch immer die ursprüngliche Begrenzung in mehr und mehr sich verkleinerndem Massstab erkennen. Schliesslich erscheinen an Stelle der ursprünglichen Aleuronkörner schwach contourirte, anfänglich mit hyaliner, später mit körniger sehr schwach lichtbrechender Substanz erfüllte Bläschen. Das Volum der Letzteren ist erheblich grösser als das eines abgerundeten, sich zu desorganisiren beginnenden Aleuronkornes. Es beruhen also die specifischen Veränderungen, welche bei Anwesenheit einer geringen Menge der phosphorsauren Alkalien im Quellungswasser erfolgen, darauf, dass die Substanz der Aleuronkörner, bevor noch die Abrundung der letzteren zu Stande gekommen ist, in Lösung überführt wird.

Für die Entscheidung der Frage, ob die Begrenzung der immer mit einer nur sehr schwach lichtbrechenden Substanz erfüllten Bläschen durch das Hüllhäutchen gebildet werde, habe ich während der Beobachtung der angegebenen, mit dem Zerfalle in einen körnigen Detritus und Auflösung desselben abschliessenden Veränderungen, keinen Anhaltspunkt gewinnen können.

Die Veränderungen, welche Kali an polyedrischen Aleuronkörnern bewirkt, sind mit der Wirkung der genannten phosphorsauren Alkalien vollkommen identisch.

Unter Einwirkung dieser lösenden Agentien findet unter angegebenen Verhältnissen, es mögen sich nun die Aleuronkörner in einer durch den Schnitt nicht geöffneten Zelle oder im isolirten Zustande befinden, schliesslich der Zerfall derselben zu einer nur bei genügender Anstrengung des Auges wahrnehmbaren körnigen Substanz statt.

Um so grösser sind die Verschiedenheiten in Hinsicht des Verhaltens der Hautschichten gegen die Lösungen genannter Stoffe.

Bei Gegenwart phosphorsaurer Alkalien im dicken Glycerin unterliegen die Hautschichten, bevor noch an ihnen Veränderungen bemerkt werden können, einer nicht unbedeutenden Quellung. Aus diesem Grunde treten die Hautschichten mit viel grösserer Deutlichkeit, als unter anderen Verhältnissen

hervor, wozu nicht wenig eine in tangentialer Richtung stattfindende Quellung beiträgt, durch welche die Hautschichten stellenweise von der Zellhaut und den Stärkekörnern als Falten abgelöst erscheinen.

Für längere Zeit vermögen die Hautschichten der Einwirkung dieser Quellungsmittel nicht Widerstand zu leisten. Ihre hyaline Substanz wird körnig und schliesslich aufgelöst, doch erst in einem Zeitpunkte, in welchem am Körnerplasma längst Nichts mehr von seiner ursprünglichen Struktur wahrzunehmen ist. Ich habe mitunter nur wenig veränderte Hautschichten in geöffneten Zellen aufgefunden, deren Körnerplasma nach seiner gänzlichen Auflösung bereits durch die Flüssigkeit des Untersuchungsmediums ersetzt war. Durch Kali, welches unter angegebenen Umständen zur Einwirkung gelangt, werden jedoch die Hautschichten in kürzester Zeit vollständig aufgelöst. In diesem Falle sind die Hautschichten diejenigen Theile des Protoplasmakörpers, welche der Einwirkung des lösenden Mittels den geringsten Widerstand entgegensetzen. Ich sah oft an Aleuronkörnern, die zu Klumpen vereinigt, mit abgerissenen Theilen der peripherischen Hautschichte verbunden, frei in dem kalihaltigen Untersuchungsmedium lagen, die erwähnten Veränderungen erst nach Auflösung der Hautschichte beginnen.

Es bleibt mir noch übrig, das Verhalten des Körnerplasmas der Erbse gegen Mittel zu besprechen, durch deren Anwendung es Pfeffer gelang, Aleuronkörnern anderer Samen ihre Empfindlichkeit gegen Wasser zu benehmen. Dies sind: mit Schwefelsäure angesäuerter Alkohol und alkoholische Sublimatlösung. [1]

Mittel durch deren Anwendung die Fixirung von Strukturverhältnissen des Körerplasmas der Erbse im Quellungsstadium des Samens bezweckt wird, können, wenn dies durch chemische Veränderungen erreicht werden soll, wie schon a priori zu entscheiden ist, auf eine zweifache Weise zur Verwendung gelangen. Es können nämlich die Reservestoffbehälter entweder nach vollzogener Imbition der Einwirkung chemisch verändernder Mittel unterworfen werden, oder es müssen die letzteren von der

[1] L. c. p. 441 und 492

Beschaffenheit sein, dass bei Anwesenheit derselben im Quellungswasser des Samens, die zur Differenzirung führende Imbition unbeeinflusst erfolgen könne. In dem einen und dem anderen Fall soll aber das befolgte Verfahren entweder das ganze Körnerplasma oder doch wenigstens die Aleuronkörner gegen die Einwirkung von Wasser unempfindlich machen. Es ist nun leicht einzusehen, dass sich aus der Anwendung eines Quellungswassers, welches einen die beabsichtigte chemische Veränderung bewirkenden Stoff als Zusatz enthält, der gewünschte Erfolg nur dann ergeben kann, wenn bei der Quellung ganzer Samen, das Quellungswasser und der in ihm enthaltene Stoff ungleichzeitig in das Gewebe eindringen und sich in diesem verbreiten. Es muss unter diesen Verhältnissen das Wasser als vorbereitendes Vehikel, dem die Fixirung bewirkenden Stoff gewissermassen vorauseilen, damit die zu erzielende chemische Veränderung des Körnerplasmas oder seiner Theile und die durch dieselbe angestrebte Vernichtung der Quellungsfähigkeit, erst nach dem Übergang in den differenzirten Zustand erfolgen könne. Es müssten sich in diesem Falle die Wasserimbition und die Aufnahme des, die Fixirung bewirkenden Stoffes, in zwei aufeinanderfolgenden Acten vollziehen. — Will man durch Anwendung von Schwefelsäure und Alkohol das gewünschte Ziel erreichen, so kann ein zweifaches Verfahren befolgt werden und es gelingt die Fixirung: 1. Durch die Behandlung in schwefelsäurehaltigem Wasser gequollener Erbsen mit Alkohol und 2. durch die Behandlung in Wasser gequollener Erbsen mit Alkohol. welcher einen geringen Zusatz von Schwefelsäure enthält.

Man erhält in beiden Fällen ein hinlänglich vorbereitetes Material, welches nach dieser Behandlung in Glycerin oder auch im Wasser untersucht werden kann.

Die Quellung in schwefelsäurehaltigem Wasser allein, ohne nachträgliche Behandlung mit Alkohol ist für die Fixirung des Körnerplasmas nicht ausreichend. Legt man Schnitte aus Erbsen, welche dieser Behandlung unterworfen gewesen, in reines Wasser, so isoliren sich die anfänglich polyedrischen Aleuronkörner in Menge. Nach einiger Zeit besitzen die Aleuronkörner eine abgerundete Gestalt; hierauf beginnen Veränderungen, die mit denjenigen unveränderter

Aleuronkörner bei ihrer Quellung in dickem Glycerin, einen in allen Punkten gleichartigen Verlauf nehmen. Es besteht nur dieser Unterschied im Verhalten der Aleuronkörner, dass nach der Quellung im schwefelsäurehaltigen Wasser als letzte Desorganisationsproducte im reinen Wasser unlösliche Sicheln und und Fäden hervorgehen, die sich nach ihrer Isolirung nie gerade strecken. Ihre Krümmung, die sie nach der muthmasslichen Auflösung des Hüllhäutchens innehaben, wird auch nach stundenlangem Liegen in Wasser beibehalten.

Als eine weitere Eigenthümlichkeit des Verhaltens, der durch die Quellung in schwefelsäurehaltigem Wasser veränderten Aleuronkörner, bei nachträglich stattfindender Wasserbehandlung, kann ich angeben, dass nach der Abrundung, die sonst in centripetaler Richtung fortschreitende Abschwächung des Lichtbrechungsvermögens unterbleibt. Es besitzen daher in diesem Falle die peripherischen Randschichten der vacuolisirten Aleuronkörner und die aus ihnen hervorgehenden Sicheln und Fäden, das Lichtbrechungsvermögens des Kornes vor Beginn der Desorganisation.

Dieses Verhalten führt uns unmittelbar darauf hin, dass die lösenden Vehikel, die dem Aleuronkorn durch das das schwefelsäurehaltige Wasser entzogen werden können, für die Veränderungen, denen die Aleuronkörner unter bekannten Bedingungen unterliegen, nicht massgebend sind, ihnen kann nicht einmal eine Bedeutung für das Erscheinen der centralen Vacuole und die Vorgänge eingeräumt werden, durch welche ein Theil der Masse des Aleuronkornes während der Bildung der centralen Vacuole in den gelösten Zustand überführt wird. Das veränderte Aussehen der Aleuronkörner kann ebensowenig mit der Anwesenheit von phosphorsaurem Kali und Kali in Zusammenhang gebracht werden, als die Abrundung, und das Zerreissen der peripherischen Schichten. Hätten wir volle Gewissheit darüber, dass den Aleuronkörnern, während der Quellung der Erbsen in schwefelsäurehaltigem Wasser nur die fraglichen Stoffe entzogen werden, so wäre es kaum zu kühn anzunehmen, dass bei ungeänderter Zusammensetzung des Aleuronkornes, der Einfluss der lösenden Agentien nach Beginn der Desorganisation, in zwei Stadien derselben zur Geltung kommt. Und zwar wäre auf

Rechnung dieser die Abschwächung des Lichtbrechungsvermögens, welche die ganze Masse des Aleuronkornes nach seiner Abrundung in Folge eines Substanzverlustes erleidet und ferner die Lösung der Desorganisationsproducte zu setzen.

Dies ist ein weiteres Argument gegen die Zulässigkeit des Versuches, die Theorie von Pfeffer einer Erklärung des Verhaltens unseres Objectes zu Grunde zu legen.

Es ist nun bewiesen, dass die durch Schwefelsäure entziehbaren Stoffe, weit entfernt davon, die Ursache zu sein, auf deren Wirkung alle Veränderungen zurückgeführt werden müssten, in ihrer Wirkung durch den jeweiligen Zustand des Aleuronkornes beeinflusst werden und dass das veränderte Aussehen des Aleuronkornes der Erbse unter bekannten Bedingungen nicht allein von dem Quantum der Proteinstoffe abhängt, die an das Wasser abgegeben wurden. Es bietet, um mit anderen Worten zu reden, das Aussehen des Aleuronkornes in den einzelnen Stadien der Desorganisation nur einen einzigen Anhaltspunkt, welcher die unter Mitwirkung lösender Agentien zu Stande kommenden Veränderungen zu beurtheilen gestattet. Dies ist die erwähnte, in centripetaler Richtung fortschreitende, durch Lösung bedingte Verringerung des Lichtbrechungsvermögens der ganzen Masse des frischen Aleuronkornes. Es muss somit der Antheil, welcher auf die lösenden Vehikel, während der gewaltigen, mit Formveränderungen abschliessenden nur durch Wasserimbition bedingten Desorganisation entfällt, als ein höchst untergeordneter bezeichnet werden; man müsste denn, den lösenden Vehikeln für das Erscheinen der Vacuolen, das Zerreissen der peripherischen Schichte nach Bildung dieser, eine Bedeutung einräumen, die ihnen thatsächlich nicht zukommt.

Ich glaube ferner aus Gründen der Analogie schliessen zu dürfen, dass die verschiedene Resistenzfähigkeit der Aleuronkörner gegen Wasser, nicht wie Pfeffer annimmt, von dem ungleichen Vorrathe an phosphorsaurem Kali und Kali abhängt, sondern aus der ungleichen Resistenzfähigkeit der Aleuronkörner gegen die mit Desorganisation verbundene Einwirkung des Wassers erklärt werden müsse, da, wie für die Aleuron-



körner der Erbse bereits nachgewiesen ist, die Wirkung lösender Agentien erst nach dem Beginn der Desorganisation anhebt.

Sodann ist ersichtlich, welche Bedeutung gewissen Medien bei der Untersuchung der Aleuronkörner zukommt. Darüber sagt Sachs:[1] „Diese Zusammensetzung der Grundmasse sowohl, wie die Löslichkeit der amorphen Masse der Aleuronkörner in Wasser sind die Ursache der völligen Deformirung, welche die Zellinhalte fettreicher Samen in Wasser (Schnitte unter dem Mikroskop) sofort erfahren; um die Structur derselben zu erkennen, ist es nöthig, frische Schnitte in dickes Glycerin, sublimathaltigen Alkohol, unter concentrirte Schwefelsäure oder in Öl zu bringen."

Sachs legt also in Betreff der Aleuronkörner das grösste Gewicht auf ihre Löslichkeit, doch nur auf Grund der Angaben von Pfeffer, an welche sich seine Darstellung, wie er selbst bemerkt, anschliesst.[2] Eine andere Schlussfolgerung über die Ursachen der Deformirung der Aleuronkörner lässt sich übrigens aus den Angaben Pfeffers in seiner mehrfach citirten Abhandlung gar nicht abstrahiren.

Meiner Ansicht nach beruht die Wirkung des dicken Glycerins darauf, dass in diesem Medium die durch Wasseraufnahme bedingte Desorganisation sehr langsam erfolgt. Je später die Aleuronkörner in diesem Medium desorganisirt werden, desto später ergeben sich als Resultat der Desorganisation, die auf Lösung der Proteinmasse der Aleuronkörner beruhenden Veränderungen. —

Resistent werden die Aleuronkörner erst durch die Einwirkung des Alkohols, da dieselben nach Entziehung der lösenden Vehikel, sich gegen Alkohol, analog mit Zellkernen oder Chlorophylkörnern, — den Differenzirungsproducten lebensthätiger Plasmakörper — verhalten. Dies ist eine Folge der unter diesen Umständen erfolgenden Gerinnung, die sich, wie ich vermuthe, auch auf die Grundsubstanz erstreckt. Ich schliesse dies daraus, dass die Aleuronkörner des Alkohol-Präparates sich nur schwierig isoliren; es bildet das gesammte Körnerplasma fast

[1] Lehrbuch der Botanik. IV. Auflage, p. 55.

[2] L. c. p. 53. Anmerkung.

eine compacte Masse, in welcher übrigens der Differenzirungszustand deutlich übersehen werden kann. Dieses Verhalten des Körnerplasmas ist ganz unabhängig davon, ob gequollene Erbsen mit schwefelsäurehaltigem Alkohol entwässert oder nach der Quellung in schwefelsäurehaltigem Wasser durch Alkohol für die Untersuchung vorbereitet werden.

Das mit alkoholischer Sublimatlösung behandelte trockene Plasma der Reservestoffbehälter der Erbse, verhält sich bei nachträglicher Wasserbehandlung als ein nur schwach quellungsfähiger, im Wasser vollkommen unlöslicher Körper, welcher die Fähigkeit, in den differenzirten Zustand zu übergehen, gänzlich verloren hat. In dem unlöslich gewordenen Körnerplasma erscheinen bei länger andauernder Wassereinwirkung kleine Vacuolen und Körnchen.

In trockenen Schnitten, welche mit wässeriger Sublimatlösung behandelt werden, erscheint das Plasma, in extremen Fällen entweder gleich bei Beginn der Quellung, vor Erlangung des differenzirten Zustandes, oder nach bereits erfolgter gänzlicher Desorganisation, durch das Entstehen unlöslicher Quecksilberverbindungen der Proteinstoffe, unveränderlich fixirt.

In manchen Fällen lässt jedoch das Körnerplasma unter diesen Verhältnissen ein mittleres Verhalten erkennen. Es findet nämlich die Fixirung in einem Zeitpunkte statt, in welchem die Wasseraufnahme so weit vorgeschritten ist, dass der dem Quellungsstadium eigenthümliche Differenzirungszustand andeutungsweise vorhanden ist. Dies ist daran zu erkennen, dass die Masse des Körnerplasmas durch dunkle Linien gefeldert erscheint, aber oft nur auf sehr engbegrenzten Stellen. In diesen Fällen trägt die Behandlung mit wässeriger Sublimatlösung, auch wenn eine vollständige Desorganisation erfolgt, zur Verdeutlichung der Hautschichten ausserordentlich bei. Nach einem derartigen Sublimatpräparat ist die Figur 7 entworfen.

Aus dem eben Gesagten erhellt, dass die Wasseraufnahme und die auf dem Entstehen unlöslicher Quecksilberverbindungen beruhende Fixirung des Körnerplasmas in manchen Fällen in zwei getrennten Acten zu Stande komme.

In einem noch weit höheren Grade ist dies bei der Quellung von Erbsen in sublimathaltigem Wasser der Fall, da in den

der Epidermis zunächstliegenden Zellen des Parenchyms, in der Mehrzahl der Fälle, die Fixirung des undifferenzirten Zustandes des Körnerplasmas erfolgt, während das Körnerplasma innerer Schichten eine Beschaffenheit erlangt, die sich aus der Fixirung des bereits differenzirten Zustandes ergibt.

Es ist also unter diesen Verhältnissen das Wasser seinem Zusatze in die inneren Partien des Gewebes vorausgeeilt, da dieser bis zu einem gewissen Zeitpunkt in den äussersten Zelllagen des Parenchyms zurückgehalten wurde.

Untersucht man Schnitte, die in sublimathaltigem Wasser gequollenen Erbsen entnommen wurden, in Wasser, so erscheinen die Aleuronkörner stets abgerundet und die Lamellen der Grundsubstanz entsprechend erweitert. Die Letztere hat aber ihre Quellungsfähigkeit gänzlich eingebüsst und dabei eine körnige Beschaffenheit erlangt.

Einen ganz anderen Anblick gewährt das Körnerplasma nach der Quellung in reinem Wasser, mit sublimathaltigem Alkohol entwässerter Erbsen, wenn diesen entnommene Schnitte, im dicken Glycerin untersucht werden.

In diesem Falle entspricht der Bau des Körnerplasmas in allen Einzelheiten demjenigen, welchen ich als dem Quellungsstadium eigenthümlich, bereits beschrieben habe.

Wird dem Untersuchungsmedium eine kleine Menge Wasser zugesetzt, so erfolgt die Abrundung der Aleuronkörner in Folge ihrer Quellung. Dies ist eine, wie es scheint, ganz allgemeine Eigenthümlichkeit durch Sublimat unlöslich gemachter Aleuronkörner, auf welche bereits Pfeffer hingewiesen hat.[1]

---

[1] L. c. p. 441.

Erklärung der Figuren.

Vergrösserung in Parenthese. Die Figuren sind theils mit der Camera, theils aus freier Hand entworfen; die Angaben in Betreff der Vergrösserung sind daher nur als annähernd richtig zu betrachten.

Fig. 1—6. (1000) Glycerin-Präparate. *ph*, die peripherischen Hautschichten *ps*, die Hautschichtsäcke; *st*, die von den Hautschichtsäcken eingeschlossenen, die Stärkekörner aufnehmenden Hohlräume im Körnerplasma.

„ 7. (600.) Sublimat-Präparat. Bezeichnungen wie in den vorigen Figuren.

„ 8. (600.) Wasser-Präparat. Das gesammte Körnerplasma wurde durch Wasser zerstört; es blieben nur die peripherischen Hautschichten im unveränderten Zustande zurück.

„ 9—13. (1000.) Der Verlauf der Desorganisation an isolirten, im dicken Glycerin liegenden. Aleuronkörnern.



Tangl: Das Protoplasma der Erbse.



del Tangl, J. Heitzmann

K.k. Hof- u. Staatsdruckerei